

PAVIMENTOS

# Reciclado de pavimentos asfálticos con cemento

1<sup>era</sup> parte.

**E**l reciclado de pavimentos con cemento comenzó a usarse en Venezuela en el 2003. Hoy, resulta la opción idónea para mejorar la capacidad de soporte de los pavimentos asfálticos agotados, especialmente en ciertas zonas del sureño país en donde existe una carencia casi total de agregados. Este es el caso del estado de Apure, donde se han rehabilitado cerca de 700 kms de carreteras con este método desde 2005. Habitualmente se exigen resistencias a compresión a 7 días entre 2.5 y 4.5 MPa, lo que requiere contenidos de cemento entre el 6 y el 8%

La primera experiencia venezolana fue en la Avenida de la Costanera de la ciudad de Barcelona (estado de Anzoátegui), en 2003. Se trata de una obra pequeña –una vía urbana cercana al mar con problemas de capilaridad graves– por lo que el pavimento asfáltico se deterioraba con rapidez. En una solución pionera, se repararon cerca de 2,100 mts de la avenida y se reciclaron 11 cms de la capa asfáltica existente, más 10 cms de la base granular, con un 6% de cemento. Las resistencias obtenidas fueron del orden de los 2.5 MPa. El cemento se distribuyó en sacos. El mezclado se ejecutó con una pulverizadora en una sola pasada.

Ahí nació la inquietud por estas soluciones de rehabilitación de pavimentos, especialmente en el estado de Apure, en el suroeste de Venezuela, que muestra una carencia absoluta de agregados. Las distancias de transporte más cortas están entre 180 y 200 kms. En dicho estado hay una sola alternativa viable, que es el empleo de bases de suelo-cemento. Muchas carreteras fueron construidas con dicha técnica en la década de los setenta del siglo XX encontrándose obras muy agrietadas en los últimos años, en una situación que más que de deterioro, era de abandono. Una dificultad para elegir una solución de rehabilitación adecuada es que

hay tramos todavía con restos de pavimento asfáltico, mientras que en otros contiguos éste ha desaparecido. Algunos tramos cortos cerca de una planta asfáltica habían sido rehabilitados en longitudes de 4 ó 5 kms.

Esta era la situación de cerca de 500 kms a comienzos del 2000. Así, recorrer 60 kms demoraba de 3 a 4 horas mientras que en el invierno, prácticamente los camiones no podían pasar, porque se atascaban en los barrizales. Para la rehabilitación de estos pavimentos se recurrió a la técnica de reciclado con cemento. Éste se ha empleado siempre en polvo. El proceso constructivo es el habitual: después de la extensión del cemento pasa la máquina pulverizadora. Se continúa con los equipos de compactación aceptados, y se termina con la colocación de una carpeta asfáltica.

A continuación se dan detalles de algunos proyectos en particular. El proyecto Bruzua-Ye de Mantecal, en la carretera TO-04, que se dividió en varios tramos: Tramo I: 20 cms de reciclado con cemento, en dos capas de 10 cms cada una, más 8 cms de mezcla asfáltica en caliente (MAC). Tramo II: 20 cms de reciclado con cemento, más 7 cms de MAC. Tramo III: 20 cms de reciclado con cemento, más 9 cms de MAC. En el Tramo IV existe una planta asfáltica. Este tramo no se rehabilitó con cemento, sólo se ejecutaron bacheos y se extendió un refuerzo de 9.5 cms de MAC.

La dosificación de cemento fue de un 8%, para obtener una resistencia mínima de 4.5 MPa. En total se reciclaron 95,000 m<sup>3</sup>, con un consumo de cemento de 14,600 t que se transportó 500 kms desde la planta de cemento. El costo final de la solución de reciclado fue del orden de 41 dólares (dls) el metro cúbico.

La siguiente obra fue el tramo Guadualito-Ye de los Curitos, carretera TO-19, de 63 kms. Se reciclaron con cemento 108,000 m<sup>3</sup>, en un espesor total de 20 cms, sobre los que se dispusieron 5 cms de MAC. La dosificación de cemento fue del 8%, para obtener una resistencia mínima de 4.5 MPa, con un consumo de cemento de 15,300 t. El costo final de la solución de reciclado fue del orden de 37.30 dls/m<sup>3</sup>.

La siguiente obra fue el tramo Ye de los Curitos-Ye de Mantecal, carretera TO-10, con una longitud de 105 kms. El costo final de la solución de reciclado fue del orden 69.13 dls/m<sup>3</sup>. En resumen, las obras rehabilitadas mediante reciclado con cemento en los últimos 3 años en el estado de Apure son

7 en total, con cerca de 500 kms de longitud, 819,000 m<sup>3</sup> de mezcla reciclada y 124,000 t de cemento. **c**

**Referencia:** Instituto Venezolano del Asfalto, Autor: Gustavo Corredor, *Cemento Hormigón*, núm. 912, marzo de 2008.

## PREFABRICADOS

# Una visión utópica del futuro

1<sup>era</sup> parte.

**R**ealizar una predicción frente a los sucesos que acontecerán en los próximos cuarenta años es un asunto delicado y audaz, especialmente en estos tiempos en que vivimos grandes cambios climatológicos, sociales y tecnológicos. De ahí que el autor de este artículo, Martin Clarke, bajo la indicación de que se trata de una visión personal del futuro, hace algunos comentarios –hipotéticos o quizás visionarios– sobre algunos importantes aspectos de la industria de los elementos prefabricados de concreto en el año 2050. Cabe decir que el artículo que presentamos a continuación ha sido escrito como si se publicara en una edición de ese año.

### Desarrollo de materiales de construcción

Teniendo en cuenta que el cambio climático y la sustentabilidad continúan influenciando el mercado de la construcción, la industria europea del cemento recupera y emplea las cavernas de antiguos yacimientos de gas y petróleo como depósitos para el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) generado durante los procesos industriales de obtención de energía. A través del empleo de biomasa y otros combustibles recuperados de productos de desecho, el concreto, sin lugar a dudas, es hoy el material de construcción más respetuoso con el medio ambiente.

La problemática de la corrosión ha podido ser solucionada y la carbonatación es reconocida como una gran ventaja para la sustentabilidad, con lo cual el concreto es el único material de construcción disponible, con un balance positivo de CO<sub>2</sub>. Los

materiales de acero, como por ejemplo la malla C, son incluso, bajo las condiciones medioambientales más agresivas, una garantía contra la degradación de los edificios, logrando llegar a sustituir a la armadura de acero habitual y eliminando el problema asociado con la corrosión.

Tanto el empleo de refuerzos textiles así como el de concretos ultrarresistentes se ha impuesto como regla, lo que posibilita la producción de elementos prefabricados de concreto más ligeros y delgados, los cuales han sido considerados, desde hace ya mucho tiempo, como un material de construcción fiable, que dispone de propiedades de primera categoría, con relación a la resistencia y durabilidad. Por su parte, la mayoría de los desechos de demoliciones es utilizado en buena medida como agregado de concreto prefabricado, mientras que los agregados naturales son obtenidos a través de explotaciones subterráneas totalmente automatizadas.

Los materiales de construcción regionales tienen una preferencia absoluta, debido a que el transporte de materias primas pesadas como la madera, el acero y el concreto ha sido prohibido alrededor del mundo a través del pacto medioambiental conocido como GAD, y Europa misma dispone de suficiente cemento y agregados propios. Adicionalmente, el papel fundamental de los árboles, como reductores de dióxido de carbono, resulta mucho más importante como para utilizarlos como material de construcción.

En otro aspecto, debido a que el acero para la construcción se ha tornado imposible de pagar, en la actualidad, los elementos prefabricados de concreto resultan ser el material de construcción de primera selección, aminorando los desechos y optimizando la sustentabilidad. Como podemos ver, nuestra participación en el mercado se ha más que duplicado con relación al año 2007, debido a que el interés en los elementos prefabricados de concreto ha alcanzado un récord absoluto. **c**

**Referencia:** El título completo de este documento que esperamos sea visionario, es: "Una visión ficticia al futuro. La industria de los prefabricados en el año 2050". Su autor es el especialista y ejecutivo de British Precast, Martín Clarke. El texto apareció en *Construcción de vivienda y construcción subterránea*. Si quiere contactar con el autor, su correo electrónico es: martin.clarke@britishprecast.org

MORTEROS

## El mercado del mortero seco premezclado en Europa

1<sup>era</sup> parte.

La introducción de morteros aglomerados con cemento en Europa ha hecho que desde hace décadas la industria del mortero mezclado en planta se haya desarrollado como un nuevo factor económico en la industria de la construcción. Hoy, existen más de 780 obras de aplanado y mortero en Europa que producen cerca de 41.5 millones de toneladas anuales de mortero seco premezclado, y alrededor de 3.5 millones de metros cúbicos de mortero húmedo listo para usarse.

Los 10 primeros productores en Europa tienen alrededor del 55% de la capacidad de producción y están invirtiendo en mercados crecientes de España, Inglaterra y Europa del Este. Hoy, la tecnología de la planta permite la producción económica no sólo de productos a granel, sino también de un gran número de morteros específicos, algunos de los cuales se producen en base al concepto de “justo a tiempo”.

### Morteros minerales mezclados en planta

Éstos tienen principalmente sustancias inorgánicas, tales como arena, cuarzo, mármol y piedra caliza, que son mezclados con aglomerantes minerales, –cemento, cal y yeso– así como con adiciones tales como “alimento” de piedra (*stone meal*) y otros aditivos. Estos morteros se usan en aplanados interiores y exteriores, como mortero de mampostería normal, mortero ligero y mortero de lecho delgado, como mortero enrasado en el piso y como mortero y adhesivo para losetas y losas. También hay morteros especiales, tales como morteros de minería y concreto seco premezclado.

Los morteros minerales mezclados en planta difieren de los mezclados en sitio en que sus componentes son suministrados como una mezcla acabada, ya sea como mortero seco mezclado en la planta, como

mortero húmedo mezclado en la planta listo para usarse o como mortero de mezclado húmedo.

La producción y el mezclado preliminar requieren del uso de tecnología en planta. Para la preparación en el sitio de la obra sólo hay que agregar agua al mortero seco mezclado en planta para lograr una consistencia trabajable. También existe un mortero de cal al cual se le agrega cemento como un aglomerante, además de agua. Se le conoce como pre-mortero mezclado en planta. El mortero para silos de múltiples compartimentos es un mortero especial para el cual los materiales constituyentes se miden en los diferentes compartimentos de un silo y se mezclan con agua. La entrega del mortero en silos al sitio de la obra usando camionetas de 3 toneladas ha ganado terreno en años recientes a expensas de los métodos usuales de entrega. Los mezcladores de camiones se usan principalmente para mezclas autonivelantes para pisos.

### Propiedades

Casi no hay límites a las propiedades y aplicaciones de los morteros minerales mezclados en planta. La protección contra la intemperie, contra el calor, el ruido o el fuego; la nivelación y el acabado del piso, el clima interior, el confort en la vivienda y la estética del edificio, se ven afectadas por los contenidos de los morteros. Aunque el aglomerante sólo representa una décima parte de un mortero mezclado, es el elemento decisivo para las propiedades físicas del edificio. Los aditivos minerales, tales como pigmentos, y las adiciones químicas orgánicas e inorgánicas para la construcción también juegan un importante papel. Éstos dan al mortero sus propiedades específicas deseables tales como el carácter repelente al agua; es decir, reducen el transporte capilar del agua en el mortero, y por lo tanto, hacen que los aplanados sean repelentes al agua; al mismo tiempo, incrementan la permeabilidad al vapor de agua. Otros aditivos tienen la intención de acelerar o retardar las propiedades de fraguado o para reducir la tensión superficial del agua e incrementar así la trabajabilidad del mortero. Otros, pueden mejorar las características de adhesión a los muros o contienen agentes inclusores de aire, que, por ejemplo, incrementan la resistencia a congelación y deshielo del mortero. Las últimas innovaciones incluyen aditivos que absorben gases dañinos del aire de una

habitación, evitan la formación de moho, ofrecen efectos de autolimpieza para fachadas o mejoran la recristalización, y con ello la durabilidad de los morteros de cal.

Todos los morteros mezclados en planta ofrecen la seguridad de una composición uniforme, definida y reproducible con la adición exacta de aditivos. Los morteros mezclados en planta conforme a los estándares están sometidos a verificaciones en planta y los productores sólo pueden declarar que sus productos son de conformidad con los estándares después de la certificación previa por un cuerpo independiente. Los morteros mezclados en el sitio no satisfacen tales demandas de calidad. **C**

**Referencia:** *Zement, Kalk Gips*, núm. 6, 2007. Alemania.

## ADITIVOS

# La química al servicio de la construcción sustentable

**E**n una conferencia realizada en Trostberg, Alemania, Bernhard Hofmann, responsable de la división de Químicos para la construcción de BASF, destacó cuatro tendencias importantes en la industria de la construcción:

- Las edificaciones y estructuras deberán tener un tiempo de vida considerablemente mayor, lo que no será posible sin lo que él llamó "la química de la construcción".
- La clase de cementos y aditivos está en constante expansión, demandando constantemente nuevos productos a base de cemento.
- Los clientes cada vez buscan aligerar los costos de materiales, energía y capital, así como también de medios para realizar sus proyectos de construcción con mayor rapidez.
- Ha aumentado considerablemente el interés por la eficiencia energética en las edificaciones, hecho que además, continuará creciendo.

Para hacer frente a estos desafíos, en el caso de BASF, la compañía viene desarrollando una serie de productos para la construcción. Buscando la eficiencia, también se han implementado innovaciones en los químicos para

la construcción, en el sentido de aumentar la velocidad de ejecución de las obras, por medio de la aceleración del curado del concreto, así como también para obtener mayor economía con el uso del concreto autocompactante, que no necesita ser vibrado por lo que hace innecesario el uso de equipos, provocando que el proceso constructivo sea más económico y con menos contaminación sonora.

Y ya que se está haciendo referencia a la necesidad de concretos más resistentes y que exigen periodos de mantenimiento más largos, en la citada conferencia Bernhard Hofmann enfatizó la necesidad indeclinable del uso de los aditivos para obtener una mezcla fácilmente bombeable con la adición de poca agua. Al respecto, Hofmann citó el puente Great Belt, en Dinamarca, y el Puente Tartara, en Japón, como ejemplos en el uso de esa tecnología.

Mencionó también sobre la importancia de la apariencia en el recubrimiento de las superficies. Este requisito sólo puede ser alcanzado con el desarrollo de una amplia gama de productos aplicables en el extenso espectro de materiales, tales como la cerámica, piedras naturales y la porcelana, entre otros. Como buen ejemplo del uso de químicos para la construcción con este requisito, se citó el centro vacacional Bad Blumau, en Austria.

La seguridad es otro aspecto de la construcción que fue mejorado con el uso de aditivos. Al respecto, BASF desarrolló un mortero que garantiza la estabilidad del concreto por más de cuatro horas, en caso de incendio. Este material fue usado en el túnel Engstlige, en Suiza.

Para el mantenimiento de estructuras de concreto, la compañía lanzó una nueva generación de morteros basados en la nanotecnología, que ha demostrado eficiencia por encima del promedio en términos de adhesión y de resistencia a la congelación.

La estrategia de BASF está concentrada en tres objetivos: transferencia de tecnologías eficaces; búsqueda y desarrollo de mejores productos para acelerar la penetración en el mercado así como la generación de más negocios en mercados en crecimiento como Asia y Europa del Este. La compañía espera crecer del 7 al 8% por año, en los próximos años, en el mercado de químicos para la construcción, lo que representa del 10 al 15% de sus ventas. **C**

**Referencia:** *Revista Concreto & Construções*, núm. 47. ago-sept, 2007, IBRACON, Brasil.