

CONCRETO DE ALTA EFICIENCIA PARA PISOS RESISTENTES AL DESGASTE

Cuando se requieren pisos de alta eficiencia el concreto debe tener ciertas propiedades plasticas.

Por William S Phelan

Traduccion libre: Francisco A. Chaparro

El concreto de alta eficiencia que se emplea en pisos industriales, se especifica con frecuencia pero pocas veces se consigue. Normalmente los pisos HPC (por sus siglas en ingles High Performance Concrete o Concreto de alta eficiencia) se requieren en fabricas, bodegas, centros de distribución y en otros tipos de areas industriales sujetas a tráfico vehicular. Para el propietario de la obra lo importante es conseguir un concreto eficiente, una vez este se endurezca, pero la eficiencia debe presentarse también cuando el material se encuentra en estado plástico, para que un buen contratista pueda colocarlo y darle un terminado adecuado. Los pisos industriales construidos con HPC deben tener las siguientes propiedades:

- Relación Agua/Cemento (A/C) de 0.45 a 0.50.
- Un potencial mínimo al pandeo y fisuración.
- Una resistencia a la abrasión de buena a excelente.
- Los números de medida de aplanamiento y nivelación deben ser por lo menos FF35/FF30.

Para lograr estos resultados, se requiere de planos, especificaciones y de procedimientos adecuados. Una especificación apropiada requiere un conocimiento actualizado de la tecnología del concreto y familiaridad en la aplicación de los documentos del Instituto Americano del Concreto. Se requiere también un conocimiento básico de diseño de mezclas, incluyendo su fabricación, el contenido de agua requerido, los tipos de agregados y las gradaciones, así como de la clase y uso de aditivos. Toda esta información deberá aparecer incluida en la especificación del material, la cual debera ser clara y precisa.

Importancia de la Relación A/C

Por que se requiere una relación A/C entre 0.45 y 0.50? Datos de prueba indican que para ciertos materiales dados, la mezcla con la mas baja relación agrietamiento/edad, será aquella con menor relación A/C y con menos pasta. En otras palabras, la mezcla debera tener una buena pega pero no exceso de cantidad.

Usualmente, concretos sin aire incorporado, con una combinación de agregados bien gradada, con un tamaño máximo de piedra de ($\frac{3}{4}$ a 1 pulgada) 19 - 25,4 mm y con un contenido de agua de (275 libras por yarda cúbica) 163,12 Kg/m³, tendra un asentamiento apróximado de entre 2 y 3 pulgadas 50,8 - 76,2 mm. Para una relación A/C de 0.45 a 0.50, el contenido de cemento de estas mezclas variara entre (550 a 610 libras por yarda cúbica) 326,25 a 361,84 Kg/m³. A pesar de que el contenido de pasta para esta mezcla le permitirá a un buen contratista producir un concreto con un excelente acabado, la colocación y consolidación de esta mezcla de 2 a 3 pulgadas 50,8 - 76,2 mm de asentamiento no será tarea fácil, además que se dificultará también el aplanado y nivelación del material.

Asi pues, si se quiere lograr un asentamiento adecuado, que puede variar entre 5 a 8 pulgadas (127 - 203,2 mm), se necesitará de un aditivo reductor de agua de alto o mediano rango, dependiendo de las condiciones climáticas y de si el material va a ser bombeado o no. La distancia de bombeado también puede determinar la necesidad de un asentamiento determinado. Cuando en la nivelación se emplee una niveladora laser auto propulsada, el valor del asentamiento óptimo estara normalmente entre 127 - 152.4 mm.

Control de Calidad

El control de calidad en la planta de mezcla incluye un monitoreo cuidadoso de la gradación del agregado y del contenido de humedad. El control en el asentamiento es vital cuando las tolerancias en el aplanado son mínimas.

Si se quiere obtener un piso de concreto endurecido de alta eficiencia, se necesita una adecuada relación A/C, para lo cual se dispondrán métodos de prueba en el sitio para verificarla, mientras esta relación pueda ser ajustada. Para verificar el contenido de agua del concreto, puede emplearse el ensayo de la AASHTO (por sus siglas en Ingles, American Association of State Highway and Transportation Officials) TP23 o un equipo nuclear que existe para este fin. Estos dos métodos, aseguran al propietario de la obra, al ingeniero y al equipo de obra, que el diseño de mezcla usado, cumple los requerimientos especificados.

Reducción de la Fisuración y Pandeo.

Tanto la fisuración como el pandeo estan relacionados con el agrietamiento del concreto. Aquellos pisos hechos con concreto de alto agrietamiento, estan mas sujetos a la fisuración y pandeo excesivos. La mezcla que se ha descrito arriba, ayuda a minimizar el agrietamiento debido a que tiene una relación A/C baja y un contenido bajo de pasta.

Para este efecto, también ayuda aumentar el tamaño del agregado grueso. La Autoridad de Puertos en New York and New Jersey ha desarrollado para el Aeropuerto de Newark, un concreto para pavimentos super plástico, con (2100 libras de agregado grueso por yarda cúbica) $1245,67 \text{ Kg/m}^3$. A pesar del alto contenido de agregado grueso, esta mezcla se consolida rápidamente empleando una reglilla de vibración tipo armadura y presenta mucha menos fisuración aleatoria que aquellas mezclas con características similares de la pasta pero con contenidos de agregado grueso mas bajos.

La Autoridad de Puertos planea aumentar el contenido de agregado grueso a (2300 libras por yarda cúbica) $1364,3 \text{ Kg/m}^3$ para su siguiente proyecto.

Resultados similares son posibles en la construcción de pisos. La Guia ACI (por sus siglas en Ingles, American Concrete Institute) para la Construcción de Pisos y Placas No. 302.1 R-96, sugiere una gradación de (1 o $\frac{3}{4}$ de pulgada) $25,4 - 19 \text{ mm}$ para el tamaño máximo del agregado, lo que significa que se retendra entre un 8 a un 18% en todos los tamices por debajo del tamaño máximo y por encima del tamiz No. 100. En algunas areas de Norte

America se pueden necesitar ajustes a esta gradación. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que los límites del 8 al 18%, permiten una reducción en el contenido del agua y un aumento en la cantidad de agregado máximo, sin sacrificar las labores de colocación o acabado del concreto. Así pues, los concretos HPC para los pisos del futuro, probablemente tendrán más agregado grueso de lo que lo hacen hoy.

Resistencia a la Abrasión.

La clave para una buena resistencia a la abrasión es un allanado metalizado. Numerosos estudios han demostrado que pasar múltiples veces una palustradora metálica, mejora notablemente la resistencia a la abrasión, por lo tanto los HPC para pisos deben tener la cantidad de pasta necesaria para poder realizar estas operaciones.

La combinación de una baja relación A/C, pasos múltiples de la palustradora y un pronto curado, ayuda a asegurar una adecuada resistencia a la abrasión en los pisos industriales. En pisos sometidos a desgaste excesivo por abrasión - como los que se tienen en las basculadoras (áreas en donde se pesan contenedores de carga) o en las áreas de manejo de basuras - puede ser necesario el empleo de recubrimientos con agregados metálicos, con el objeto de disminuir la tasa de desgaste.

Proporciones de Mezcla y Asentamientos para cuatro pisos HPC

	Tiffany y Co.	Toys "R" Us	Wal-Mart	Motores Chrysler Mac
Cemento	590 lbs. (268 Kg)	630 lbs. (286 Kg)	530 lbs. (240Kg)	564 lbs. (256 Kg)
Arena	1,455 lbs (660 Kg)	1,296 lbs. (588 Kg)	1,360 lbs. (617Kg)	1,535 lbs. (696 Kg)
Agregado grueso	1,700 lbs. (771 Kg)	1,850 lbs. (839 Kg)	1,950 lbs. (884 Kg)	1,570 lbs. (712 Kg)
Agua	278.61 lbs (126 Kg)	284 lbs. (129 Kg)	260 lbs. (118 Kg)	268 lbs. (122 Kg)
Aire	2 %	1.5 %	1.5 %	2% (+/- 0.5)
Reductor de Agua de alto rango	70 oz/cy. (2,6 Kg/m ³)	42 oz/cy (1,56 Kg/m ³)	35 oz/cy (1,3 Kg/m ³)	68 oz/cy (2,52 Kg/m ³)
Asentamiento inicial	3 plg. (76 mm)	2 a 3 plg. (51 - 76 mm)	2 a 2 ½ plg. (51 - 64 mm)	2 a 3 plg. (51 - 76 mm)
Asentamiento final	6 a 8 plg. (152 - 203 mm)	5 a 6 plg. (127 - 152 mm)	5 a 6 plg. (127- 152 mm)	6 a 7 plg. (152 - 178 mm)
A/C	0.47	0.45	0.49	0.48

Versatilidad de los HPC

Pueden los contratistas producir pisos planos con HPC ? Pueden estos concretos emplearse en pisos colocados a tasas de producción mayores a (20,000 pies cuadrados por día) **1860,5 m²/día** ? Pueden emplearse con fibras o endurecedores de mezcla seca ? La tabla muestra proporciones de mezcla y asentamientos para HPCs que produjeron cuatro pisos excelentes, demostrando que la alta eficiencia no es inconsistente con los altos requerimientos de los pisos planos.

El piso de Tiffany & Co. fue construido con un concreto superplastificado y con fibras metálicas, empleando tanto en placas FF40/FL30 como en placas super planas. El aplanado general medido en el area super plana fue de Fmin 130. El centro de distribucion de Toys “R” Us, tambien empleo un concreto superplastificado y con fibras y pisos FF35/FL30.

El concreto superplastificado del centro de distribución de Wal-Mart fue colocado con una palustradora auto propulsada de guia laser a tasas de hasta 50,000 pies cuadrados por día (**4651,25 m²/día**). El piso de la planta de Motores Chrysler Mac fue también colocado empleando la palustradora de guía laser, y al concreto superplastificado, además de fibras plásticas, se le agrego un endurecedor de mezcla seca ligeramente reflectivo.

En Colombia se han tenido experiencias exitosas con pisos de alta eficiencia, siendo la más representativa la construcción de los pisos de la planta de EBEL (Tocancipá/Cundinamarca), en la cual se fundieron 33.000 m² aprox FF50/FL80, aplicando endurecedor silíceo SURFLEX de Toxement S.A y utilizando concreto superplastificado, la colocación del concreto y endurecedor se hizo utilizando los siguientes equipos: Dosificador de endurecedor, palustradora doble, regla vibratoria, nivel laser, check rood y Bump cutter.

Los resultados de estas cinco obras y su comportamiento en servicio demuestran la amplia capacidad del uso de los HPCS en los pisos industriales

La Tecnología no compensa el Concreto Pobre

Las técnicas de acabado de los concretos y los equipos han mejorado enormemente en los últimos diez años. Palustradoras guiadas por laser, dosificadores mecánicos de endurecedor, palustradoras mecánicas con emparejador incorporado, todos ellos ayudan a la producción de pisos más planos. Sin embargo, el objetivo es tener un perfil de piso que se mantenga durante su vida útil, igual o muy cerca al perfil inicial. Este plan a largo plazo se puede conseguir preparando una subbase estable y usando placas de HPC que no se pandeen excesivamente, con mínimo o nulo fisuramiento y con mínimo o cero desfragmentación o desgaste rápido.
