



Concreto de contracción compensada para pisos de gran formato

Liliana María Arias O., Toxement S.A.

↑ Foto 1. Proyecto las Brisas con piso de gran formato, Centro América.
CORTESÍA TOXEMENT S.A

La guía ACI 302 - Construcción de pisos en concreto, menciona que “la calidad de una losa o piso de concreto depende altamente de lograr una superficie dura y durable que es plana, relativamente libre de grietas y con adecuada pendiente y elevación. Las propiedades de la superficie están determinadas por el proporcionamiento de las mezclas y la calidad de las operaciones de concreto y diseño de juntas”.

El desempeño óptimo de los pisos industriales en el tiempo se refiere al control de fisuramiento, de tal manera que reducir el número de juntas en la losa será un factor determinante de durabilidad, sumado a otros principios establecidos durante la etapa de diseño, de operaciones de nivelación de la base, así como de construcción y, finalmente, de puesta en uso de la losa de concreto.

La contracción por secado constituye una de las principales causas de agrietamiento en el concreto e incluye el movimiento y la pérdida de agua dentro de los poros extremadamente pequeños de la pasta hidratada y desde el interior del gel (silicato cálcico hidratado, CSH). A medida que el concreto se seca, se pierde humedad desde estos poros muy pequeños y se forman meniscos. La tensión superficial del agua asociada a estos meniscos atrae los poros unos a otros y da como resultado una *pérdida de volumen* en el concreto.

En la concepción de un piso de gran formato se busca minimizar este fenómeno de contracción en el concreto, por lo cual se deben tener en cuenta de manera general las siguientes condiciones que llevan a proyectos exitosos:

- Uso de tecnología
- Estudios específicos de los materiales a emplear en el proyecto
- Trabajo en conjunto del diseñador, el productor de concreto, el proveedor de tecnología, el dueño del proyecto y el constructor

Existen diferentes tecnologías, con experiencias internacionales exitosas, que permiten aumentar el espaciamiento de juntas, entendiendo que el principal objetivo es minimizar la contracción por secado y así mismo el potencial agrietamiento de las losas. La guía ACI 223R-10 en el capítulo 4.¹ sobre Cemento expansivo y Sistemas de componentes expansivos suministra los lineamientos para desarrollar concretos de contracción compensada y concretos especiales usados por más de 40 años, probados de manera eficiente para minimizar el fisuramiento debido a la contracción por secado. Esta guía hace referencia a aplicaciones del concreto de contracción compensada no solo en la configuración de pisos industriales, sino también en autopistas, pavimentos, aeropuertos, estructuras hidráulicas, plantas de tratamiento de aguas residuales, parqueaderos y losas sobre terreno, entre otras estructuras.

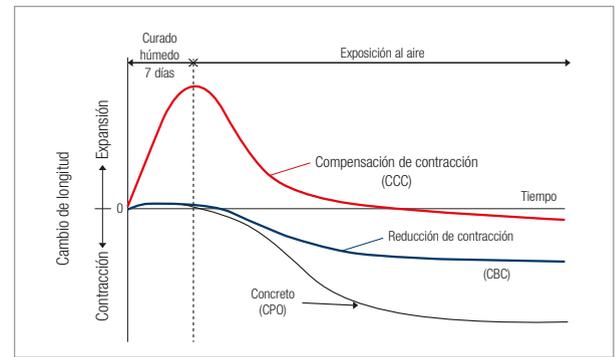
Además del concreto de contracción compensada se ha propuesto para la solución de estos pisos de gran formato, la aplicación de macro-refuerzo metálico y/o sintético, de uso estructural con aporte a esfuerzos por fatiga y post-fisuración. El beneficio de usar macrofibras estructurales redundante en la durabilidad de estos concretos.

Una de las posibilidades para la construcción de pisos con concreto de contracción compensada (CCC) puede ser el uso de aditivo tipo G (componente expansivo) definido en la guía ACI 223 como una mezcla de dióxido de calcio y dióxido de aluminio que produce plaquetas de cristales de hidróxido de calcio cuando se mezclan con el cemento portland y agua; a su vez se requiere el uso de aditivos retardantes y súper-plastificantes que le otorgan fluidez, manejabilidad y facilidad de colocación. El efecto expansivo tanto en estado fresco como en estado endurecido en el concreto, reduce los problemas de agrietamiento que se presentan en la contracción por secado de las losas.

En la figura 1 se puede apreciar una comparación del cambio volumétrico experimentado por cada uno de los casos que se describen a continuación: contracción por secado de un concreto elaborado con cemento portland ordinario (CPO), contracción por secado de un concreto diseñado con baja contracción (CBC) el cual prevé generalmente el uso de aditivos reductores de alto rango y aditivos reductores de contracción, y de un concreto de contracción compensada adicionados con compensadores de contracción (CCC); la expansión generada es compensada por la contracción del concreto para luego presentar resultados de contracción mínima cercana a cero.

La contracción compensada del cemento se constituye y se proporciona de tal manera que el concreto incrementará el volumen después del fraguado y durante su endurecimiento. Mediante el uso de componentes como el tipo G ya descrito, la expansión se ve favorecida por el curado con agua.

➔ Figura 1. Reducción vs Compensación de Contracción. ACI COMMITTEE 223, 2010



La restricción interna derivada del refuerzo se requiere para compensar la contracción; en este sentido la expansión inducirá tensión en el refuerzo y compresión en el concreto. Mientras que la contracción producida por el subsecuente secado reducirá o mitigará la tensión causada por la expansión inicial, en lugar de los esfuerzos de tensión que podrían resultar en fisuramiento de la estructura.

En la figura 2 se presentan dos losas: en la losa 1 (izquierda) se muestra una losa de concreto sin refuerzo de 15 cm de espesor con 100 metros lineales de juntas de control y 144 tableros independientes, y la losa 2 (derecha) presenta la misma losa de concreto de contracción compensada de 15 cm de espesor sin juntas de control. Mientras que la losa 1 presentará alabeo y deterioro en las juntas, en la losa 2 no existirá movimiento de la losa debido a que las juntas de control han sido eliminadas.

Cada proyecto en particular debe ser **evaluado** en términos de **contracción desde los materiales** particulares a emplear en el **diseño de mezcla**, se requieren estudios previos y bajo condiciones normalizadas, que **aseguren uniformidad y control** en los resultados esperados en campo.

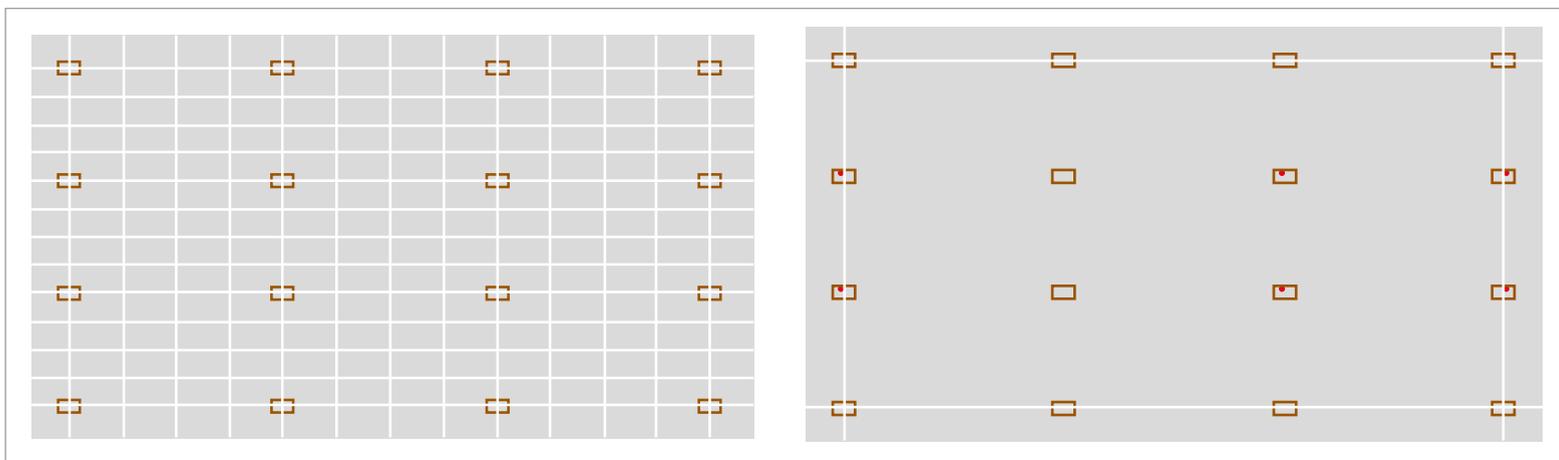


↑ Foto 2. Centro de distribución Colgate-Palmolive, San José Ituride, Guanajuato. Área de 54.000 m² con 8.000 m³ de concreto de contracción compensada. EUCOMEX

Para minimizar presencia de fisuras y alabeo debido a la contracción por secado y lograr diseños eficientes en juntas, se recomienda, en general, un diseño de mezcla con las siguientes características:

- Bajo contenido de pasta
- Baja cantidad de agua
- Aumento de contenido de agregado grueso
- Evitar agregados con materiales deletéreos
- Uso de aditivos especializados

1: ACI 223R-10, Cap. 4.1 – Expansive Cement and Expansive Component Systems



↑ Figura 2. Comparativo de juntas en tableros de concreto convencional vs concreto de contracción compensada. Simulación de losa de 2.025 m² (45 m x 45 m).
CORTESÍA TOXEMENT S.A

Según los criterios establecidos en la guía ACI 223, y con base en experiencias en el diseño y construcción de pisos industriales sobre terreno, se configura una aplicación de pisos de gran formato con uso de CCC, concreto reforzado con macro-fibra metálica estructural y/o macro-fibra sintética con módulos de rotura entre 4,0 y 5,5 MPa; diseñado con los objetivos de extender el espaciamiento de juntas, reducir el alabeo y mejorar la vida útil de pisos industriales y comerciales interiores construidos de acuerdo con la guía técnica ACI 302 y ACI 360.

El piso de gran formato se compone, entre otros, de los siguientes factores claves:

1. Establecimiento claro de requerimiento de contracción por secado, el cual se establece en el proceso de especificación, produciendo conceptos técnicos enmarcados en las normas: ASTM C157² (NTC 5640)³: Método estándar para evaluar cambio de longitud en concreto y mortero elaborado con cemento hidráulico; ASTM C157 modificada, ASTM C878⁴: Método estándar para expansión restringida de contracción compensada y ASTM C878 modificada.
2. Cumplimiento de resistencia residual de macro-fibras; las macro-fibras sintéticas deben ser preferiblemente de poliolefina y cumplir con la normativa ASTM C 1116⁵, tipo III y ASTM D 7508⁶. Deben estar diseñadas para su uso en concreto y exhibir un valor de resistencia residual post-agrietamiento (fe3) equivalente al mínimo acero de refuerzo requerido y evaluado de acuerdo con ASTM C 1609⁷.
3. Requerimientos mínimos de resistencia de la sub-base en el momento de colocar el concreto. Módulo de reacción de sub-rasante.

2: ASTM C157M-17 Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete: Método de prueba estándar para cambio de longitud de mortero de cemento hidráulico endurecido y concreto.

3: NTC 5640-08: Cambio longitudinal del mortero y el concreto de cemento hidráulico endurecido.

4: ASTM C878M-14a: Standard Test Method for Restrained Expansion of Shrinkage-Compensating Concrete: Método de prueba estándar para la expansión restringida de hormigón compensador por contracción.

5: ASTM C 1116: Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete: Especificación estándar para concreto reforzado con fibras.

6: ASTM D7508M-10: Standard Specification for Polyolefin Chopped Strands for Use in Concrete: especificación estándar para hilos cortados de poliolefina para uso en concreto.

7: ASTM C1609M-19: Standard Test Method for Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third-Point Loading)

4. Seguimiento de guía de curado con base en los lineamientos establecidos en la guía ACI 223 y/o por el proveedor de tecnología de que permite compensar la contracción.
5. Establecimiento de las Juntas de aislamiento.
6. Seguimiento de prácticas constructivas claras durante los procesos de preparación de la superficie, colocación del concreto de contracción compensada para piso industrial, operación especial de curado con agua preferible y más indicado cuando se adiciona componente tipo G, corte de juntas en el momento indicado, entre otros. Un paso a paso del proyecto debe discutirse previamente entre los que intervienen en la ejecución en obra
7. Uso de láminas de aislamiento como las láminas deslizantes de mínimo 10 mil de espesor de polietileno, entre la base granular y la losa de concreto sobre terreno en toda ubicación que no tendrá barrera de vapor para reducir la fricción entre los dos elementos de construcción.

↓ Foto 3. Espaciamiento de juntas en pisos de concreto.
CORTESÍA TOXEMENT S.A.





↑ Foto 4. Colegio Marymount, Bogotá, Colombia. Losa de gran formato (e=15 cm; dimensiones 30 cm x 18 cm).
CORTESÍA TOXEMENT S.A

Las mejores prácticas de diseño y construcción enseñan que los proyectos de amplia magnitud requieren enfoque y procesos claros de administración, diseño y especificación y, finalmente, las mejores prácticas de construcción e ingeniería.

En relación con el enfoque y proceso de administración se sugiere la creación de un comité antes de la construcción de obra. En el mismo se evalúan todos los criterios desde fabricación de concreto, transporte, colocación, operaciones de acabado, curado y modelación de juntas de expansión.

Los criterios de diseño y especificación deben ser validados con resultados de estudios previos y ensayos industriales piloto. Deben seguirse todos los criterios para el control de calidad del concreto, incluyendo los específicos para concretos de contracción compensada y reforzados con fibras.

Debe contarse con un contratista ejecutor de obras de pisos de gran formato con amplia experiencia, y con suficiente cantidad de personal que permita el buen manejo del concreto. Este personal debe tener

certificación ACI como instaladores de pisos planos industriales de concreto. Se requiere experiencia en instalación de pisos industriales y entrenamiento previo en procedimientos constructivos siguiendo las indicaciones establecidas en la guía ACI 223 para concreto de contracción compensada.

Existen múltiples experiencias documentadas de pisos de gran formato en diferentes aplicaciones típicas de pisos industriales de losas sobre terreno, construidas para bodegas, centros de distribución, plantas de manufactura y grandes superficies. Por tratarse de un sistema especializado, el éxito de este tipo de proyectos radica en un acompañamiento detallado del paso a paso de la obra, el establecimiento de documentos que permitan validar el proceso de diseño, la especificación y configuración del diseño de mezcla de concreto, el proceso constructivo y la selección de los mejores materiales. Se tiene, además, el respaldo normativo que ha sido modificado siguiendo las condiciones propias de aplicación o exigidas por proyecto. 