Concepción y parámetros de pisos y pavimentos rígidos en puertos

ANTECEDENTES

Los pisos y los pavimentos son tal vez las estructuras artificiales más utilizadas por la humanidad desde la antigüedad. En general, estas estructuras se conocen como pavimentos cuando se trata de calles, avenidas y carreteras para vehículos convencionales; pero, cuando se hace referencia a calzadas exteriores peatonales, de parqueo, maniobras de vehículos, apilamiento de mercancías o a superficies de tránsito vehicular especial en el interior de las edificaciones, estas estructuras se conocen más comúnmente como pisos.

El sustrato de apoyo ofrece las condiciones de soporte de los pisos y pavimentos: las capas que conforman la estructura constituyen la transición de las cargas hacia el suelo, y la capa superior ofrece la superficie de tránsito y de desgaste para la acción de las cargas. Sin embargo, con frecuencia se da poca importancia a estos hechos hasta cuando se presenta un deterioro que incomoda, dificulta el desplazamiento, genera inestabilidad y cuesta dinero.

Además de los suelos y de las capas granulares, uno de los materiales

más utilizados hoy en día en la construcción de pavimentos y pisos es el concreto hidráulico por su versatilidad, durabilidad y economía. Para el caso particular de las instalaciones portuarias es común encontrar circulaciones para vehículos convencionales y para vehículos especiales (montacargas, grúas y puente-grúas); patios de maniobras, y patios exteriores para contenedores; bodegas de almacenamiento y talleres de mantenimiento, con pisos industriales interiores.

Ingeniero Diego Sánchez de Guzmán MIC, MScIS **DS Concretos**



Reproducción autorizada por la revista Noticreto # 131, de Julio – Agosto 2015. Editada por la Asociación Colombiana de Productores de Concreto – ASOCRETO

Los pisos pueden ser exteriores o interiores y, según su utilización, pueden construirse sobre el terreno (pisos subterráneos y a nivel) o en edificaciones elevadas (rampas de acceso, edificios de parqueaderos, o pisos en losas de entrepiso o aéreas, como es el caso de los muelles).

Los pavimentos y pisos vehiculares, como también los pisos interiores de los edificios, exigen especial cuidado en su concepción y diseño, en la selección y uso de materiales, y en los procesos constructivos para obtener un comportamiento satisfactorio durante su vida útil, con bajos costos de mantenimiento. Sin embargo, con frecuencia se encuentra que estos pavimentos y pisos carecen de un diseño apropiado para las cargas de servicio actuantes; reciben poca o ninguna atención en los detalles, principalmente los geométricos (por lo general no hay planos); se construyen con cualquier mezcla de concreto, sin considerar aspectos tan elementales como una resistencia mínima a la flexión o la necesidad de mezclas de baja contracción; carecen de uniformidad superficial, sobre todo en los pisos industriales; en ellos no se aplican procedimientos adecuados de construcción y de control ni hay claridad sobre el tipo de acabado ni sobre el tratamiento que debe darse a la superficie.

Para seleccionar el tipo de pavimento o de piso es indispensable conocer las necesidades y requisitos del usuario, las características de los materiales de la zona y las propiedades de la superficie. En la fase de diseño se determinan los espesores, la necesidad de refuerzo y los detalles de la geometría del piso, incluyendo las juntas y el tratamiento que debe tener la superficie. Los procedimientos de construcción deben reflejar con fidelidad lo que está plasmado en el diseño, las especificaciones y los planos de detalle. Finalmente, la operación y el desempeño a lo largo del tiempo indicarán si se ha hecho lo correcto.

Por lo anterior, el objetivo de este documento es recopilar la información teórica y práctica necesaria para acometer de manera adecuada la selección, el diseño y la construcción de pavimentos y pisos de concreto hidráulico en instalaciones portuarias, tomando en consideración los métodos, los procedimientos, las prácticas recomendables y las normas vigentes más usuales para el mejor conocimiento y comportamiento de este tipo de estructuras.

CONSIDERACIONES BÁSICAS -PARÁMETROS DE DISEÑO

Dentro de las consideraciones básicas para seleccionar, concebir y diseñar un piso debe tenerse en cuenta, en primera instancia, la condición de exposición (piso exterior o interior); en segundo lugar, determinar si se trata de una losa apoyada sobre el terreno o si, por el contrario, es una losa suspendida y apoyada sobre pilas, columnas, vigas o muros; y en tercer lugar, cuáles son las cargas de servicio y la naturaleza del pavimento o del piso.

Condición o sustrato de apoyo

Los pisos de concreto soportados sobre el terreno y los pisos de concreto suspendidos se diseñan con métodos fundamentalmente diferentes, pues obedecen a principios estructurales diferentes. Por ejemplo, la mayoría de las losas de piso sobre el terreno se diseñan en función de la resistencia a la flexión



Los pisos de concreto soportados sobre el terreno y los pisos de concreto suspendidos se diseñan con métodos fundamentalmente diferentes, pues obedecen a principios estructurales diferentes. Cortesía: Puerto La Plata

y la capacidad de soporte del terreno; cuando no hay altas cargas, el refuerzo es opcional y se utiliza para controlar el agrietamiento por retracción, por gradientes térmicos y/o por cargas de servicio.

Los pisos suspendidos, en contraste, casi siempre se diseñan con refuerzo estructural o con preesfuerzo (pretensado o postensado); el concreto sólo se utiliza para resistir esfuerzos de compresión y de cortante, y el acero o los tendones de preesfuerzo resisten las fuerzas de tracción. A diferencia de los pisos soportados sobre el terreno –que usualmente no se conectan a la estructura de una edificación y se asimilan a una estructura flotante sobre la base de apoyo- los pisos suspendidos son parte integral de la estructura de una edificación y por ello se denominan losas de entrepiso o losas aéreas. Por lo tanto, las losas de este tipo deben diseñarse y construirse de acuerdo con las exigencias de las Normas colombianas de diseño y construcción sismo-resistente NSR-10, del documento ACI 318, o de otros. La selección de la losa de entrepiso más adecuada depende de muchos factores, entre ellos la luz entre apoyos, las cargas de servicio, la necesidad de controlar de flexiones, la disponibilidad de formaletas y, por supuesto, los costos de la construcción.

Condición de exposición

Los pavimentos rígidos son, por lo general, exteriores y se pueden construir directamente sobre el terreno (vías en cortes, terraplenes, explanadas v túneles) o sobre estructuras elevadas (puentes y viaductos). Los pisos pueden ser exteriores o interiores y, según su utilización, pueden construirse sobre el terreno (pisos subterráneos y a nivel) o en edificaciones elevadas (rampas de acceso, edificios de parqueaderos, o pisos en losas de entrepiso o aéreas, como es el caso de los muelles). Además, cuando se trata de un piso interior, en las condiciones de exposición se debe verificar si existe o no un microclima artificial (aire acondicionado, cámara de frío o cámara de congelados).

Todas las condiciones anteriores son fundamentales para definir la localización y la separación entre juntas del pavimento o el piso, cuando se trata de losas sobre el terreno o losas no adheridas sobre estructuras elevadas.

Ante losas suspendidas, esta información es indispensable para definir la localización de reforzamiento por retracción y temperatura, y la disposición de juntas de dilatación, entre secciones de las estructuras.

De otra parte, las condiciones de exposición ayudan a definir las especificaciones por durabilidad de la estructura de concreto simple o reforzado. En ello se incluyen las estipulaciones del reglamento NSR-10 (Titulo C.4), o de los documentos ACI 318 (Capítulo 4), ACI 360, y ACI 302, que se refieren a las categorías y clases de exposición, y los requisitos para el concreto según la cada una. En el caso de instalaciones portuarias en ambientes marinos, la exposición a sulfatos, cloruros y agua de mar son factores que determinan la calidad del concreto y los recubrimientos mínimos sobre el acero de refuerzo.

Cargas de servicio y naturaleza del piso

Existen variadas alternativas para la selección y el diseño de un pavimento o un piso de concreto. Sin embargo, con frecuencia no todas son siempre válidas en un mismo proyecto, por lo cual la concepción y el diseño del pavimento o del piso deben fundamentarse ante todo en: las necesidades y deseos del usuario, el uso real que tendrá la obra, la resistencia estructural, las propiedades del concreto, la presencia de grietas o de juntas, y las propiedades de la superficie.

En cuanto a las necesidades y los deseos del usuario es indispensable saber cuáles son sus expectativas sobre el funcionamiento del pavimento o el piso, la vida útil de servicio que se espera, el área, las consideraciones estéticas y el mantenimiento que necesita. Sobre el uso, hay que conocer cuáles serán las cargas reales que soportará el pavimento o el piso (tráfico peatonal, tráfico vehicular, almacenamiento, cargas puntuales, cargas de columnas, entre otras) y las condiciones de operación (acciones mecánicas, físicas, químicas, y/o biológicas).

La resistencia estructural es función del tipo de pavimento (vehicular convencional u otro) o de piso (peatonal, industrial, no industrial, o especial para altas cargas), y de la naturaleza del mismo (losa sobre el terreno, piso suspendido, de una capa, de dos capas, adheridas o no adheridas). Las propiedades del concreto se refieren a las características y propiedades del material en estado plástico (manejo según el sistema de construcción y las condiciones de obra), durante el fraguado (técnicas de acabado, protección, y aserrado de juntas), y en estado endurecido (todas las prestaciones necesarias durante su vida útil de servicio: resistencia, contracción, durabilidad a agentes químicos, deterioro y/o desgaste superficial).

La presencia de grietas y/o de juntas obedece al tipo de losa (de concreto simple, de concreto con armadura distribuida por retracción y temperatura, de contracción compensada, de concreto postensado, de concreto ligeramente reforzado, estructuralmente reforzada, o de concreto reforzado con fibras metálicas o sintéticas). Las propiedades de la superficie incluyen esencialmente la planitud y nivelación, la dureza, la



Las variables estructurales a tener en cuenta para proyectar un pavimento o un piso de concreto sobre el terreno parten básicamente de tres aspectos: la calidad del terreno de fundación, las cargas de servicio y la localización y frecuencia de las cargas.

Cortesía: Daniela Valenzuela

limpieza, el color, la textura, la iluminación y la reflectividad, entre otras.

PARÁMETROS PARTICULARES PARA LOSAS SOBRE EL TERRENO

Las variables estructurales a tener en cuenta para proyectar un pavimento o un piso de concreto sobre el terreno parten básicamente de tres aspectos: la calidad del terreno de fundación, las cargas de servicio y la localización y frecuencia de las cargas. A partir de ellos y del tipo de concreto que se utilice, se obtienen entonces las características de la estructura: el espesor y dimensiones de las losas y la necesidad de disponer las capas de base y/o de sub-base.

Para los pavimentos de vehículos convencionales pesados (tracto-camiones tridem, por ejemplo), en la actualidad se prefiere el método de AASHTO, denominado Interim Mechanistic Empirical Pavement Design, considerado como el procedimiento más ventajoso para espesores mayores a 150 mm (6") y tráfico pesado.

En la actualidad existen variados tipos de pisos de concreto sobre el terreno. Uno de los aspectos más estudiados antes de la concepción y el diseño de un piso es el sistema constructivo. Dependiendo de él se elige el espesor del piso, se determina el refuerzo, se evalúa la necesidad y espaciamiento de juntas y se definen otros detalles como el acabado y los tratamientos de superficie. Las alternativas disponibles incluyen las siguientes posibilidades, identificadas en el documento ACI 360R – Diseño de losas sobre el terreno.

- Concreto simple
- Refuerzo por retracción y temperatura
- Losa estructural con refuerzo continuo
- Refuerzo de contracción controlada
- Postensado
- Concreto fibro-reforzado con fibras metálicas.
- Concreto fibro-reforzado con fibras sintéticas.
- Losas estructuralmente reforzadas según NSR-10.

Losas de concreto simple con juntas

Son los pisos de concreto más económicos y sencillos de construir. Están diseñados para permanecer sin agrietamiento por cargas de servicio sobre su superficie. Al ser de concreto simple, se controla el fisuramiento mediante la disposición y ejecución de juntas ortogonales entre sí. Dependiendo de su función, estas juntas (longitudinales y

transversales), dependiendo de su función, pueden ser de construcción, de contracción (control de la contracción y del alabeo), de dilatación (expansión), o de aislamiento.

La separación entre juntas suele estar relacionada con el espesor de la losa. En países tropicales -donde la contracción por secado puede ser intensa o los ciclos de dilatación y contracción por temperatura frecuentes- la práctica ha demostrado que la distancia entre ellas debe ser entre 20 y 24 veces el espesor de la losa para los casos en que no hay gradientes importantes de temperatura, como suele suceder en el interior de las edificaciones; lo aconsejable es un máximo de 5 m. Sin embargo, cuando el piso se encuentra en el exterior y hay variaciones extremas de temperatura en un mismo día, se recomienda que la separación entre juntas se reduzca a entre 15 y 20 veces el espesor de la losa, siendo aconsejable un máximo de 4 m. De otra parte, como regla general debe procurarse que las losas formadas tengan una geometría lo más cuadrada posible, procurando que la relación entre los lados de las mismas no rebase de 1:1.25.

El concreto suele elaborarse con cemento tipo UG, u ocasionalmente con cemento tipo MRS. Las losas pueden transferir las cargas por trabazón de agregados (tráfico ligero) cuando se trata de juntas de contracción; mediante llaves "machihembradas", en el caso de juntas de construcción (para espesores de más de 250 mm); o mediante la utilización de pasadores de transferencia de carga (cuando el tráfico es pesado o el soporte es de baja capacidad), para mejorar la eficiencia en la transferencia de cargas entre losas, tanto en las juntas de contracción como en las juntas de construcción.

Losas con refuerzo sólo para retracción y temperatura

Estos pisos son similares a los arriba descritos, pero la diferencia estriba en que disponen de una armadura nominal de refuerzo distribuido, ubicada idealmente en el tercio superior de la losa o al menos en la mitad superior del espesor de la losa (por encima del eje neutro). La armadura actúa como elemento de control de los efectos de la retracción y de la temperatura que son propios del concreto y que pueden causar fisuración. Como el refuerzo debe ser suficientemente



Construcción de losas de concreto simple con juntas. Cortesía: Flickr – WSDOT

rígido para que quede adecuadamente colocado, es común el uso de mallas de refuerzo electro-soldadas o mallas planas, provistas de alambres de acero dispuestos ortogonalmente y cuya referencia obedece a la calidad del acero, el diámetro del alambre y las distancias entre los alambres.

Desde luego, esta medida de atenuación de los cambios volumétricos que experimenta el concreto permite aumentar la separación entre juntas; la recomendación más usual es entre 24 y 36 veces el espesor de la losa. Cuando no hay gradientes importantes de temperatura (interior de las edificaciones), lo usual es utilizar una separación de juntas comprendida entre 30 y 36 veces el espesor de la losa. Sin embargo, bajo condiciones extremas de temperatura en un mismo día y el piso es exterior, se recomienda una separación entre juntas comprendida entre 24 y 30 veces el espesor de la losa. La función principal del refuerzo distribuido en losas de concreto sobre el terreno es mantener cerradas las caras fracturadas de las fisuras que pueden ocurrir por las siguientes causas:

- El espaciamiento entre juntas excede 30 veces el espesor de la losa, ó 4.5 m, entendiendo que se debe escoger el menor valor de los dos.
- Los paños tienen formas irregulares.
- Los paños contienen ángulos que penetran en sus bordes.
- Puede haber movimientos en el suelo.

Como regla general, y por facilidad de construcción, lo más recomendable es que las losas formadas tengan geometría cuadrada, lo cual implica que tanto el refuerzo longitudinal como el refuerzo transversal sean iguales (malla plana electro-soldada). Sin embargo, si la disposición ortogonal de las juntas da lugar a losas rectangulares, debe procurarse que la relación entre los lados de las mismas no rebase de 1:1.25. Desde luego, en tales casos la cuantía del refuerzo es diferente en cada sentido.

La proporción de acero suele determinarse mediante la "ecuación de arrastre", y frecuentemente está comprendida entre el 0.05% y el 0.15%. Esta cuantía no previene el agrietamiento (simplemente lo controla), ni eleva significativamente la capacidad de soportar carga: su función se reduce a controlar la retracción por fraguado y la variación por temperatura. La capa de refuerzo distribuido por retracción y temperatura debe ubicarse generalmente 50 mm por debajo de la superficie superior del piso, y también debe mantenerse asegurada en esta posición mediante el empleo de separadores adecuados.

En este caso, el concreto también se elabora por lo general con cemento tipo UG y ocasionalmente con cemento tipo MRS. Para este tipo de pisos, la armadura de retracción y de temperatura puede disponerse en forma continua (hasta por 12 ó 18 m, dependiendo del espesor) o puede interrumpirse en cada junta. En el primer caso, el más frecuente, las juntas transversales se ejecutan mediante aserrado, o bien en fresco con inductores colocados en la base de apoyo a una distancia no superior a 6 m; y cada tres losas se interrumpe la armadura con el objeto de disponer una junta de contracción con pasadores

(junta de control). Para pisos de este tipo, la armadura de retracción y de temperatura debe interrumpirse a una distancia aproximada de 75 mm del borde de las juntas de expansión transversales y de las juntas de construcción longitudinales. El ancho del carril de vaciado entre juntas longitudinales debe ser igual a la separación entre juntas de contracción transversales.

En el segundo caso la armadura no se dispone de manera continua sino que se interrumpe en cada junta, donde pueden disponerse pasadores de transferencia de carga si son necesarios. Para este tipo de pisos, la armadura de retracción y de temperatura también debe interrumpirse a distancia aproximada de 75 mm del borde de las juntas de contracción, de construcción, de dilatación o de aislamiento. Sin embargo, este sistema es poco práctico y de construcción costosa, por cuanto implica el armado de cada losa por separado.

Losas en concreto de contracción compensada

El concreto que se denomina de contracción controlada se prepara con un aditivo compensador de la contracción o con cemento tipo K (sin contracciones), regulado por la norma ASTM C 845. Este concreto, antes de experimentar la contracción propia de su naturaleza, se expande (gracias al aditivo compensador o al cemento tipo K), en dimensión ligeramente superior a la contracción que normalmente experimentaría por secado.

De todas maneras estos pisos necesitan un acero de refuerzo distribuido por retracción y temperatura, en cuantía comprendida entre el 0.5 % y el 0.20 %, que debe colocarse hacia la mitad superior del espesor de la losa (por encima del eje neutro), con el objeto de limitar la expansión inicial y para restringir la posterior contracción de la losa por secado. En este caso también debe mantenerse asegurada la posición del acero de refuerzo mediante el uso de separadores adecuados. De igual manera, es muy importante que las losas se encuentren adecuadamente aisladas de todos los elementos fijos que perforan el piso tales como columnas, rejillas, tapas de cajas de inspección, vigas, cimientos perimetrales u otros, mediante un material compresible que permita la libre expansión de las losas. La base de apoyo también debe ser cuidadosamente preparada para disminuir el rozamiento entre la base de apoyo y la superficie inferior de la losa.

Con este tipo de concreto se deben construir pisos en el interior de estructuras cerradas o donde los cambios de temperatura son pequeños. La mezcla se puede colocar en áreas tan amplias como 1.500 m² sin necesidad de disponer juntas. La separación entre juntas para este tipo de pisos puede estar comprendida entre 30 m y 60 m, y las losas deben ser tan cuadradas como sea posible. Donde la contracción por secado puede ser intensa o sean frecuentes los ciclos de dilatación y contracción por temperatura, la experiencia recomienda que la máxima separación entre juntas de expansión sea de 30 m. Para los casos en que no hay gradientes importantes de temperatura o fluctuaciones significativas de la humedad, se aconsejan separaciones entre 45 m y 60 m.



Preparación de superficie para la construcción de pavimentos en puertos.

Cortesía: Flickr – JAXPORT

El diseño de espesores en losas de este tipo sigue los mismos criterios que para las losas de concreto simple o reforzado. Las juntas de construcción, como en los otros tipos de losas, deben diseñarse y detallarse como juntas de expansión. Y si se necesita transferir cargas entre losas, deben utilizarse platinas deslizantes en vez de barras de acero. El diseño de estas losas se considera dentro del documento ACI 223 Práctica Estándar para el uso del Concreto de Contracción Compensada.

Losas de concreto post-tensado

La tecnología del postensado aplicado a losas de concreto apoyadas sobre el terreno fue desarrollada en la década de 1960. Estos pisos contienen tendones o cables no adheridos, los cuales son postensados y posteriormente anclados una vez el concreto haya adquirido resistencia suficiente para contrarrestar la fuerza en el anclaje. Con este procedimiento, la losa se somete a compresión neutralizando las tracciones ocasionadas por la contracción de secado, los gradientes térmicos y las cargas del tráfico, evitando así la aparición de fisuras y grietas.

Esta técnica del preesfuerzo no sólo incrementa el módulo de rotura efectivo, sino que también permite una más amplia separación de juntas de construcción sin juntas intermedias de contracción. El preesfuerzo puede efectuarse en una o en dos direcciones, según el largo y el ancho del área de vaciado. El diseño de espesores para este tipo de losas sigue los mismos criterios que para las losas ya descritas, pero el preesfuerzo suele permitir reducir ligeramente el espesor de la losa. Los pisos postensados son económicamente rentables a partir de los 100 m de longitud o sobre suelos de mala calidad. La separación de juntas puede variar entre 60 m y 150 m, y la separación de tendones aproximadamente cada 750 mm.

Por lo general, el concreto se elabora con cemento tipo UG y u ocasionalmente con cemento tipo MRS. Sin embargo, se requieren técnicas especiales y secuencias programadas del preesfuerzo de los tendones. El preesfuerzo usual está entre 0.7 y 1.7 MPa. Para evitar la aparición de fisuras antes de aplicar el preesfuerzo, el postensado se realiza por lo general en dos etapas. Una primera, que se hace cuando el concreto alcanza una resistencia a la compresión del orden de 10 MPa, en la cual se presionan parcialmente los tendones; y una segunda, que se efectúa cuando el concreto alcanza la resistencia especificada y en ella se aplica la porción faltante del preesfuerzo.

Como ocurre frente a las losas de concreto de contracción controlada, es de particular importancia que el piso se encuentre adecuadamente aislado de todos los elementos fijos abarcados por él: columnas, rejillas, tapas de cajas de inspección, vigas, cimientos perimetrales u otros, mediante un material compresible que permita el libre movimiento de la losa a preesforzar. La base de apoyo también debe ser cuidadosamente preparada para minimizar el coeficiente de fricción entre la base de apoyo y la superficie inferior de la losa. Además, el concreto debe estar muy bien compactado alrededor de los anclajes para prevenir roturas como consecuencia de las elevadas tensiones en el área.

Losas de concreto reforzado con fibras

En la construcción de pisos industriales de concreto se ha generalizado el uso de fibras sintéticas (principalmente de polipropileno y nylon), fibras de vidrio, fibras metálicas, o combinaciones de fibras sintéticas y metálicas como micro-refuerzo y macro-refuerzo de las losas, con el objeto de mejorar algunas propiedades del concreto y, en consecuencia, ciertas características de las losas de concreto sobre terreno.

Estas fibras pueden utilizarse en el concreto simple, en el concreto reforzado o en el concreto preesforzado. Según su funcionamiento en la matriz del concreto, las fibras se clasifican en dos grandes grupos: las que controlan exclusivamente la retracción plástica (micro-refuerzo), como las de nylon o de polipropileno convencional; y las que controlan los efectos de la retracción y la temperatura o pueden mejorar el desempeño ante la fatiga y los impactos (macro-refuerzo), como las metálicas o las fibras de polipropileno de alta densidad. Una característica física importante de las fibras es la llamada "relación de aspecto", que es la proporción que existe entre la longitud y el diámetro (o espesor) de una fibra. En general, esta relación varía desde 30 –para algunas fibras de acerohasta 300 para ciertas fibras sintéticas.

Las fibras sintéticas están reguladas por la norma ASTM C 1116. Cuando se usan como micro-refuerzo, su proporción varía entre 0.,6 y 1.0 kg/m³ de concreto. Pero su mayor ventaja estriba que, cundo se usan como macro-refuerzo, la dosis es mucho más baja que la de las fibras metálicas (pueden variar entre 2.0 kg/m³ y 10 kg/m³), y no experimentan corrosión.

El uso de fibras metálicas en el concreto incrementa el módulo de rotura (resistencia a la flexión, que se mide según la norma ASTM C 1018), aumenta sustancialmente el módulo de elasticidad y mejora otras propiedades como la ductilidad, la dureza, la resistencia al impacto, la resistencia a la fatiga y el comportamiento ante el choque térmico. También contribuye significativamente a controlar el fisuramiento por la contracción de secado. Las fibras metálicas están reguladas por la norma ASTM C 820. El Comité ACI 544 ha publicado varios documentos que incluyen una guía de especificaciones de diseño y detalles sobre el concreto reforzado con fibras.

En general, para los concretos fibro-reforzados, el espaciamiento de juntas puede aumentarse en relación con un piso equivalente de concreto reforzado convencionalmente. Usualmente se sugiere hasta un máximo de 40 veces el espesor de la losa. De otra parte, algunos diseñadores y constructores sostienen que el espaciamiento entre juntas se puede extender entre 50% y 100% cuando se usan fibras metálicas, en comparación con un piso reforzado convencionalmente. El aserrado de juntas debe profundizarse como mínimo 1/3 del espesor de la losa, a diferencia de la profundidad de ¼ que generalmente se usa para pisos de concreto reforzado convencionalmente.

Losas estructuralmente reforzadas

En estos pisos se utiliza armadura de refuerzo en cuantía muy superior a la de los pisos armados con juntas, con el objeto de reforzar estructuralmente la losa y no disponer de juntas transversales. Es decir, estas losas se diferencian de las previamente descritas en que el diseño permite el fisuramiento intencionado bajo cierto nivel de cargas aplicadas en la superficie.

En consecuencia, por lo general se forman fisuras transversales a distancias comprendidas entre 0.5 y 2.5 m, que se mantienen cerradas o con aberturas inferiores a 0.5 mm. Por lo tanto, en losas de este tipo las únicas juntas que se disponen son las de aislamiento, y aquellas juntas transversales y longitudinales que se requieren para la construcción del piso.

La cuantía de acero suele estar comprendida entre 0.6% y 0.7%, para el caso de pisos expuestos a la intemperie con elevadas fluctuaciones térmicas y con altas cargas de diseño, como es el caso de puertos marítimos y fluviales, plataformas de aeropuertos, muelles de carga y descarga, patios de contenedores, etc. En pisos industriales con altas cargas de diseño pero cubiertos, la cuantía de acero puede oscilar entre 0.5 % y 0.6 %.

Según la magnitud del refuerzo, pueden usarse una o dos capas de refuerzo en forma de barras o mallas electro-soldadas. Cuando son dos capas, el acero debe ser cuidadosamente colocado y fijado de acuerdo con los requerimientos del diseño. Para que la armadura efectúe un "cosido" eficaz de las fisuras que se presenten, es recomendable que la capa superior se sitúe cerca de la superficie pero respetando el recubrimiento mínimo exigido por las normas. El recubrimiento mínimo sobre el acero de refuerzo debe ser de 38.1 mm (1-1/2"), cuando no hay acabado superficial; pero cuando sí hay acabado se permite un recubrimiento mínimo de 25.4 mm (1"). De todas maneras, lo más recomendable es que la armadura se sitúe a unos 50 mm de profundidad bajo la superficie superior del piso.

Las principales ventajas derivadas de esta técnica estriban en que el piso puede construirse con muy pocas juntas, el diseño estructural se simplifica y es posible utilizar losas de espesores menores. Del mismo modo, el desempeño del piso es mejor y el costo de mantenimiento inferior al de un piso con juntas. De todas maneras, la existencia de fisuras puede aumentar el riesgo de deterioro por penetración de agentes agresivos que disminuyen la durabilidad del piso, además de afectar la estética del acabado. Como en los casos anteriores, el concreto se elabora por lo general con cemento tipo UG, y ocasionalmente con cemento tipo MRS. **C**