

Conforme a:

| ASTM C39 – AASHTO T22 |

Nuevas prensas automáticas AUTOMAX y PILOT El poder de la innovación

CVI TECH

CUSTOMER'S VALUE
DRIVES THE INNOVATION



Distribuidor exclusivo en México:

EQUIPOS DE ENSAYE CONTROLS, S.A DE C.V.

Av. Hacienda 42, Col. Club de Golf Hacienda,
Atizapán de Zaragoza, C.P. 52959, Estado de México.
Tels. (+52 55) 55 32 07 99, 55 32 07 22, 53 78 14 82

CONTROLS Your Partners
Masters of Technology

info@controls.com.mx
www.controls.com.mx

ADVANTEST

**Un sistema
servo-hidráulico
multifunción para
ensayos bajo**

**CONTROL
DE CARGA**

**CONTROL DE
DESPLAZAMIENTO Y
DEFORMACIÓN**

Conforme con normas y métodos:
ASTM, AASHTO, EN, EFNARC, NMX



- ▶ Control en lazo cerrado de alta sensibilidad
- ▶ Control automático de hasta 4 bastidores
- ▶ Control integral vía PC
- ▶ Rapido set up a través del módulo software de calibración

VARIAS CONFIGURACIONES

CONCRETOS, BLOQUES Y MORTEROS



CONCRETO LANZADO Y REFORZADO CON FIBRAS



ROCAS: PRUEBAS UNIAXIALES Y TRIAXIALES



Una aproximación a los concretos reforzados con fibras (Parte II)

I. Vidaud, Z. Frómeta, y E. Vidaud

¹Procedimiento muy conocido para la fabricación de productos de fibrocemento; particularmente adecuado para la fabricación de productos acabados en forma de placa plana, ondulada o cilíndrica. Adaptado de: <http://patentados.com/patente/>

En la primera parte de este escrito se expusieron aspectos generales acerca de los Concretos Reforzados con Fibras (FRC), sus antecedentes y clasificación. A continuación se hará referencia a la forma de trabajo de los elementos elaborados a base de este material, singularidad de cálculo y más significativas aplicaciones.

Para entender la forma de trabajo de un FRC, es preciso conocer antes la del concreto reforzado tradicional. En este último, los cálculos se realizan separando por un lado el refuerzo (que resiste los esfuerzos a tensión, flexión, cortante, etc.) y por otro lado el concreto (que resiste los esfuerzos a compresión). Posteriormente se comprueba la correspondencia integral de los cálculos; según los requerimientos establecidos por las normativas del concreto estructural.

En el caso de un concreto fibroreforzado, es el concreto el que soporta tanto los esfuerzos a compresión como los de tensión, flexión y cortante. En otras palabras, se ha convertido un material frágil en un material con cierta ductilidad y tenacidad; pero, a diferencia del concreto reforzado tradicional (donde el acero colabora de manera anisótropa o en una ó dos direcciones según el tipo de estructura), el refuerzo con fibras proporciona un refuerzo mucho más isotrópico, situación especialmente ventajosa en algunas aplicaciones.

Para que el FRC tenga entonces un adecuado desempeño, debe producirse una perfecta adherencia entre la mezcla de concreto y las fibras añadidas; como condición necesaria para que este pueda convertirse en un material dúctil. Al encontrarse homogéneamente distribuidas dentro del concreto, las fibras han de conformar una micro-armadura que, por un lado es capaz de reducir el fenómeno de la fisuración por



Figura 1



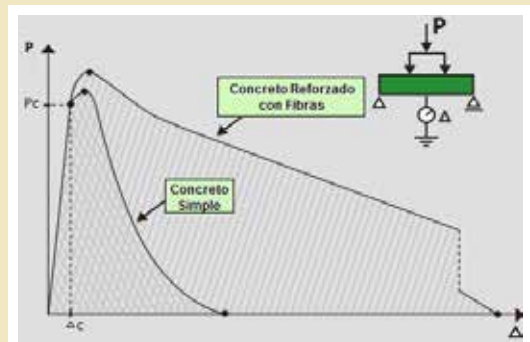
Figura 2

Ensayo a flexión de vigas de concreto.



Fuente: <http://www.ingenieria.unam.mx/~revistafi/>

Curva carga-deflexión del ensayo de resistencia a la flexión.



Fuente: Adaptado de Masciotra G., 2005.

contracción y, por otro, confieren al material la necesaria ductilidad. En la misma medida que se eleve la resistencia de las fibras y su cantidad, la ductilidad del concreto puede llegar a ser considerable; hecho que además le concede la ventaja de la tenacidad.

Tal y como brevemente se comentó en la primera parte de este documento, la tenacidad del material es el parámetro que cuantifica la capacidad de absorción de energía o equivalentemente, como el inverso de la fragilidad. Es utilizada para caracterizar la aptitud para resistir fracturas cuando el elemento ha sido sometido a esfuerzos ya sean estáticos, dinámicos, o de impacto. Esta es la razón que justifica por qué es la caracterización de este parámetro, el elemento fundamental para representar el efecto de la incorporación de las fibras en el concreto. Este parámetro se ha reconocido entonces desde los inicios del desarrollo del FRC como la propiedad que lo distingue sin dudas de los concretos tradicionales sin refuerzo. Es por tanto una propiedad del material compuesto, y su valor depende no sólo de la dosificación y del tipo de fibras añadidas, sino también de las características de la matriz.

Varios ensayos con esfuerzos directos sobre los FRC describen las normativas para determinar la resistencia del material. El más recomendado y universalmente utilizado es el ensayo de flexión (Fig. 1); que además está relacionado con las condiciones reales de carga, en gran parte de las variadas aplicaciones.

Al observar el diagrama carga – deflexión de dos concretos estudiados (uno reforzado con fibra y otro no), la energía absorbida por la probeta está representada por el área bajo la curva de deflexión total (Fig. 2).

Factores determinantes en el desarrollo de este ensayo son: las dimensiones de la probeta (largo, ancho, y alto), la configuración de la carga en la longitud de la viga de prueba, el tipo de control (carga, deflexión según punto de carga, etc.), y la relación de carga. Es necesario normalizar la capacidad de absorción de energía para cuantificar algunos de estos aspectos; cuantificación que puede obtenerse dividiendo la energía absorbida por la probeta de FRC por aquella absorbida por la probeta del llamado concreto simple; siempre que ambas tengan dimensiones idénticas e igual matriz de componentes; obviamente habiendo sido ensayadas bajo condiciones similares.

Como resultado de este análisis se evidencia el índice resultante “ It ” (adimensional), el cual representa el incremento relativo de capacidad de absorción de energía por la inclusión de fibras. Es un índice que se utiliza para comparar la relación de absorción de energía de diferentes mezclas y proporciones de fibras. Puede entenderse entonces



Figura 3

Acercamiento al fallo asociado a un ensayo de resistencia a la flexión en una viga de concreto fibroreforzada.



Fuente: <http://engineering.purdue.edu/~zavattie/Fracture/pictures.html>

Figura 4



Acción del medio marino sobre una probeta de concreto adicionado con fibras (izquierda), comparada con otra sin adición de fibras (derecha).



Fuente: Masciotra G., 2005.

que los FRC tienen un comportamiento elasto-plástico (elástico hasta la primera rotura y posteriormente perfectamente plástico); mientras que los concretos no reforzados con fibras se aceptan como elasto-quebradizos. Una ventaja resultante de las fibras es entonces otorgarle al concreto una considerable ductilidad pos-agrietamiento; incrementando la capacidad para resistir cargas de impacto.

Uno de los mayores beneficios de las fibras en el concreto fresco se produce en el revenimiento de la mezcla. Al agregar fibras al concreto fresco, este tiende a disminuir; disminución que afirman diversas fuentes, está relacionada en mayor medida con el largo de la fibra (a mayor longitud de fibras menor revenimiento). El aumento de la relación agua-cemento para contrarrestar el asentamiento perdido, puede ser muy peligroso, debido a la consecuente reducción de la resistencia y al aumento de la contracción por secado. Los FRC suelen también ser deseados pues con ellos se evita la formación de fisuras y grietas; así como la propagación de las mismas. En la fotografía que se presenta en la figura 3 se aprecia cómo durante un ensaye a flexión, las partes del elemento de concreto fibroreforzado; asociadas a ambos lados de la grieta, quedan unidas por medio de las propias fibras.

La explicación de este efecto se ubica en que al combinar las fibras con el concreto, se consigue una elevada resistencia a la tensión. En general, este material tiene muy buen desempeño en secciones muy delgadas, en las que la correcta colocación de la armadura convencional resultaría extremadamente difícil. En este caso se esperan grandes ventajas económicas; soportadas fundamentalmente en menos consumo de concreto por elemento, en algunos casos ausencia de acero de refuerzo, facilidad de operación, y menores costos por transporte de elementos más livianos.

En el concreto endurecido, las fibras también propician determinados beneficios relacionados con la disminución del efecto de la contracción por secado, aumento de la resistencia a la torsión, tensión y flexión; así como resistencia al impacto, abrasión y desgranamiento. Varias investigaciones confirman que el aumento de la resistencia a la compresión no resulta significativo. Algunas fuentes afirman que la resistencia al impacto en vigas de FRC aumenta un 40% con la incorporación de fibras de polipropileno y más aún con las de acero. De igual manera también afirman los especialistas que con la adición de fibras al concreto se obtienen mejores respuestas bajo cargas repetitivas y vibratorias.

Si se tiene en cuenta que con los FRC se disminuye la fisuración; entonces no cabrían dudas al asegurar que con este material igualmente se incrementa la durabilidad de la estructura. Se hace referencia a un concreto más impermeable, en el que se reducen los riesgos de corrosión de las armaduras; especialmente en ambientes agresivos como pueden ser los cercanos al mar (Fig. 4).

De la misma manera, diversos autores han demostrado que con el empleo de los FRC (en especial los reforzados con fibras de polipropileno) también se mejora la textura superficial del elemento, al atenuarse significativamente el fenómeno del sangrado; facilitando con ello un mejor acabado o terminación. Esta situación es especialmente importante en el caso de los pisos industriales.

Las fibras pueden orientarse en la mezcla de concreto de forma aleatoria, según el método de fabricación. Como antes se explicó, estas pueden ubicarse en dos direcciones (planas), o en tres direcciones (espaciales). Si se utiliza el método de rociado de fibras se estará armando el concreto de forma plana; mientras que si se incorporan las fibras a la mezcla durante el proceso de mezclado, se armará de forma espacial. En dependencia de la longitud de la fibra, y de la longitud crítica embebida puede obtenerse el denominado factor de eficiencia; el que los especialistas sugieren se encuentra en 0.4 para la orientación plana, y en 0.25 para la espacial. De acuerdo al tamaño de las fibras, estas pueden clasificarse en dos grandes grupos: macrofibras y microfibras.



Tabla 1

Características de Macrofibras y Microfibras

Tipo	Material	Dosificación	Diámetro	Función
Macrofibra	Fibras metálicas, sintéticas, o naturales (coco, madera, caña de azúcar, yute, bambú, etc.)	Entre 0.2% a 0.8% del volumen del concreto	Entre 0.05 mm y 2.00 mm. Relación de aspecto (Largo/Diámetro) de entre 20 y 100	- Evitar la fisuración del concreto en estado endurecido. - Reducir la abertura de la fisura. - Garantizar el adecuado desempeño del elemento fisurado.
Microfibra	Las más frecuentes son las fibras de polipropileno; aunque también las hay de aramida, acrílicas, nylon, carbón	Entre 0.03% a 0.15% del volumen del concreto	Entre 0.023 mm y 0.050 mm, pueden ser monofilamento o fibriladas. Las microfibras al tener diámetros tan pequeños se califican con el parámetro de Denier (*)	- Evitar la fisuración del concreto en estado fresco (ej. contracción plástica).

(*) Denier es la unidad de medida del sistema anglosajón utilizada para medir la masa lineal de una fibra; se define como el peso en gramos de 9000 metros de una sola fibra. En general, una fibra se considera como microfibra, si tiene 1 Denier, o menos.

En la Tabla 1 se evidencia una diferenciación general entre uno y otro grupo. A pesar de que el empleo de los concretos reforzados con fibras se ha extendido por diferentes geografías y múltiples aplicaciones; se considera que en un futuro cercano, su uso se hará prácticamente habitual para la mayor parte de las aplicaciones tanto estructurales como no estructurales. En la actualidad las más generalizadas pueden circunscribirse a: concretos y morteros proyectados; tanto para el sostenimiento de obras subterráneas (túneles, cavernas, minería), como en la estabilización de taludes y construcciones hidráulicas.

Los concretos fibroreforzados son ampliamente utilizados para la construcción de soleras, pisos industriales y elementos prefabricados; sobresaliendo entre estos últimos: paneles de cerramiento y muros, piezas arquitectónicas complejas como bancos y escaleras, y otros productos con fuerte carácter bidimensional ó tridimensional; donde las fibras aportan refuerzo en las dos/tres dimensiones, prácticamente como si fuese un material isotrópico. Los FRC también han comenzado a utilizarse en losas, mayormente para redistribuir los esfuerzos en las zonas en compresión. Asimismo también se aplican en concretos sometidos a ambientes agresivos, como pueden ser aquellos cercanos al mar.

Para calcular un elemento de concreto fibroreforzado, los parámetros resistentes no solo dependen de la fibra adicionada, sino también de la interacción entre esta y el propio concreto; con la misma cuantía y tipo de fibra se pueden obtener valores distintos debido a esta interacción. De esta manera, concretos con agregados redondeados y poca adherencia, poco compactos o de granulometrías discontinuas, lechadas pobres en cemento o con altas relaciones a/c, etc., pueden ofrecer valores menores, que concretos fabricados con estos parámetros más optimizados; donde la adherencia a la pasta y el comportamiento en general es mejor. Esta es la razón por la que para el cálculo y diseño de elementos de FRC, con cierto grado de complejidad estructural, se recomienda siempre el desarrollo de ensayos previos, que permitan verificar y avalar las prestaciones mecánicas de diseño, del sistema compuesto por el concreto y las fibras. **C**

BIBLIOGRAFÍA:

- Farrés Picañol J., Serrat Genescà M., "Ensayo de Placa Para la Evaluación de la Tenacidad del Hormigón Proyectado Con Fibras: Revisión Crítica de las Técnicas de Ensayo", *Anales de Construcciones y Materiales Avanzados*, Vol. 6, Curso 2006-2007. Pp. 43-53.
- Masciotra G. "Fibras para refuerzo de hormigón y morteros", *Revista Hormigonar*, Año 3, Edición No. 7, 2005. Pp. 16 – 23.
- Quintero S. L., González L. O., "Uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto", *INGENIERÍA & DESARROLLO*, Universidad del Norte, No. 20, pp134-150, 2006, ISSN: 0122-3461.



Proyecto libramiento sur Guadalajara:

Alto rendimiento en la construcción de pavimentos de concreto

Desde tiempos inmemorables la humanidad ha trazado y construido sus caminos y vías terrestres, para intercambiar productos, cubrir necesidades básicas, tener acceso a sus sitios de culto y de interés, o por el simple e irrefutable afán de explorar nuevos horizontes, buscando la posibilidad de llegar a destinos cada vez más lejanos. El objetivo es transportar con menor esfuerzo físico y hacer más eficientes y duraderas las vías nuevas o las ya existentes.

La historia brinda testimonio de retos de gran escala en los que la ingeniería, de la mano con la tecnología del concreto, ha superado inmensos desafíos con excelentes resultados, sin reducir la calidad de las obras, respetando la armonía con el entorno y sin despilfarrar costos y tiempos de ejecución. Un ejemplo clásico es la primera vía hecha en concreto hidráulico, en Bellefontaine, Ohio, Estados Unidos, que fue construida en 1981 y todavía está en servicio.

Fundamentación Teórica

El pavimento de concreto hidráulico es una estructura simple o compuesta, que tiene una superficie regularmente lisa y destinada a la circulación de personas, animales o vehículos. Su estructura es una combinación de cemento, firme y revestimiento, colada sobre un terreno de cimentación resistente a las cargas, a los agentes climáticos y a los efectos abrasivos del tránsito.

Las mezclas del concreto hidráulico para pavimentos deben de estar diseñadas para:

- Garantizar una durabilidad satisfactoria dentro de los requerimientos del pavimento
- Asegurar la resistencia deseada a la flexión





La flexión en los pavimentos de concreto hidráulico, bajo las cargas aplicadas por los neumáticos, combina esfuerzos de compresión y tensión. Los esfuerzos de compresión son pequeños respecto a la resistencia de la losa, y sin mayor incidencia en el espesor. Por lo tanto el concreto hidráulico que se utiliza en los pavimentos se especifica por su resistencia a la flexión, medida por el Módulo de Rotura a Flexión (MR), a los 28 días, que se expresa en kg/cm^2 (MPa) y generalmente varía entre 40 y 50.

Además de resistir los esfuerzos normales y tangenciales transmitidos por las llantas y su constitución estructural bien construida (alta resistencia a la flexotracción, a la fatiga y elevado módulo de elasticidad), debe tener el espesor suficiente que permita introducir en los casos más desfavorables solo depresiones débiles a nivel del suelo del terreno de cimentación, y cada nivel estructural apto para resistir los esfuerzos a los que está sometido. Debe cumplir con satisfacer también las características principales del pavimento de concreto hidráulico: estar previstas para un período de servicio largo y exigir poco mantenimiento.

Los factores que influyen en el desempeño de los pavimentos son:

- Tráfico
- Clima
- Geometría del Proyecto (diseño vial)
- Posición de la Estructura
- Construcción y mantenimiento: no perdamos de vista que las estructuras no se diseñan, sino como se construyen

En cuanto a las variables de diseño que se deben tener en cuenta para el diseño y construcción de un pavimento de concreto encontramos:

- Terreno de Fundación - cimiento
- Calidad del Concreto
- Análisis del Tráfico - clasificación de Vía
- Diseño Geométrico
- Diseño Estructural: soluciones típicas
- Juntas
- Especificaciones técnicas

Método PCA

Este método se basa en dos criterios específicos: uno relativo a la resistencia a la fatiga del concreto y el otro a la erosión de la base. En el primer caso, se supone que la carga máxima se aplica en medio de la losa justo sobre la junta longitudinal que da la tensión máxima con la losa. En el segundo caso se supone que la carga máxima se aplica en una esquina de la losa para generar deflexión máxima en ella. Cuando se usa este método de diseño, hay que conocer cuatro parámetros fundamentales:

- El módulo de rotura del concreto
- El módulo de reacción de la fundación
- El período de diseño
- Las características del tráfico

Método AASHTO

Este método de diseño aplica una ecuación empírica desarrollada mediante estudios y ensayos de pavimentos de concreto por la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y transportes (sigla en inglés AASHTO). Los criterios de diseño son:

- Número de equivalentes cargas axiales de 80 kN
- Espesor de la losa
- Módulo de elasticidad del concreto
- Módulo de ruptura del concreto
- Módulo de reacción de la fundación
- Coeficiente de transferencia de carga en las juntas
- Coeficiente de drenaje

Con independencia del método de diseño que se escoja, la ciudadanía solicita vías seguras, de mayor visibilidad, sin deformaciones, con buenos drenajes y mejores condiciones de manejo y frenado, confortables, económicas y, ante todo amigables con el medio ambiente. Por su parte, las administraciones públicas necesitan vías duraderas, funcionales, de altas resistencias y mayor vida útil, y que exijan menor mantenimiento.

En materia de costos, podemos considerar que los rubros que integran el ciclo de vida de un pavimento o vía están conformados por:

- Costos de construcción inicial (costo total del proyecto en el momento de su inauguración)
- Costos de conservación o mantenimiento (reparaciones, rehabilitaciones, ampliaciones, modernizaciones)
- Costos del usuario (operación de los vehículos, consumo de combustible y llantas, tiempos de recorrido y accidentes)

Uso de máquinas extendedoras

Una forma práctica, funcional, ágil y de gran eficiencia empleada para la construcción de carreteras, vías o pavimentos en concreto hidráulico, es el uso de máquinas extendedoras, las cuales brindan alto rendimiento y reducen los tiempos de construcción, sobre todo cuando se trata de grandes longitudes. Aparte de permitir y agilizar la colocación del concreto, éstas máquinas tienen una plataforma de trabajo que facilita la instalación o inserción de los pasadores en las juntas, el estriado de la superficie y la aspersión de la membrana de curado.

Los magníficos resultados obtenidos con estos equipos están registrados en múltiples obras de referencia y los casos estudiados han servido para incrementar la experiencia constructiva.

Durante las últimas décadas, se han realizado en México un sin número de proyectos viales con ésta técnica entre las cuales destacamos algunas carreteras principales: Querétaro – Palmillas, Ciudad de México – Querétaro (tramos), Zapotlanejo - Guadalajara, Huisache – Matehuala, Cancún – Playa del Carmen, además del proyecto Arco Norte.

Caso de estudio

En la actualidad está en ejecución una obra de singular importancia en el Estado de Jalisco, el Proyecto Libramiento Sur de Guadalajara, Es una vía de 111 kilómetros de longitud, a cuatro carriles (dos por sentido) de pavimento hidráulico, que librerá la zona urbana del área metropolitana de Guadalajara para dar continuidad al tránsito de largo itinerario que cruza las zonas Centro y Noreste del país a través del corredor carretero México-Nogales. La inversión asciende a 415 millones de dólares. Una vez inaugurado transitarán aproximadamente 12,500 vehículos en promedio diario y se evitará que unos 8,000 vehículos de carga ingresen a la ciudad de Guadalajara. Esto disminuirá considerable en la emisión de contaminantes dentro del casco urbano de la segunda metrópoli más importante en México.

Es así como Concretos Moctezuma y CYM Infraestructura, trabajan en conjunto para el proyecto del Libramiento Sur a Guadalajara.

Concretos Moctezuma constituida hace más de 35 años, representada en más de 10 estados de la república mexicana, participa en las principales obras de infraestructura, edificaciones y parques industriales en el país; y se dedica a producir

y proveer al mercado de la construcción el mejor concreto premezclado, superando normas oficiales mexicanas y los estándares internacionales de calidad, utilizando el cemento de más alta tecnología y calidad del mercado, Cemento Moctezuma.

Concretos Moctezuma tiene el contrato para el suministro del concreto destinado a los elementos estructurales y complementarios del Libramiento.

“**CYM Infraestructura**”, empresa constituida al 50% entre Concretos Moctezuma (Latinoamericana de Concretos, S.A. de C.V.) y COMSA EMTE (COMSA EMTE MEX, S.A. de C.V.), y enfocada a realizar trabajos de fabricación y colocación de concretos en pavimentos correspondientes a grandes proyectos de carreteras o aeropuertos, es la empresa que tiene el contrato para la colocación de 805.000 m³ de concreto que constituyen el pavimento de esta autopista.

COMSA EMTE, es una de las principales empresas constructoras españolas, implantada en México desde hace años, y con un elevado prestigio a nivel mundial en grandes obras de pavimentación y en obras ferroviarias.

A continuación hacemos referencia a algunos de los aspectos relevantes del proyecto:

Descripción

El proyecto de Guadalajara consiste en la construcción de una autopista tipo A4 (cuatro carriles) con origen en el entronque Zapotlanejo de la Autopista Zapotlanejo – Guadalajara y con terminación en el entronque Arenal de la Autopista Guadalajara – Tepic. Consta de un pavimento de concreto hidráulico de 33 cm de espesor y una resistencia a la flexión de 48 kg/cm². En total, van a suministrarse y colocarse 805,000 m³ de concreto hidráulico mediante dos extendedoras de 11 m de ancho útil y con un sistema de inserción automática de barras de acero (DBI).



El concreto se está fabricando en dos plantas de mezclado central cuya capacidad de producción es de 200 m³/h, con un mezclador con capacidad de 9 m³ por carga. El transporte de la mezcla se realiza mediante camiones de volteo que cargan cada una 9 m³ por viaje.

Mezcla de concreto

Para la fabricación de concreto se emplea Cemento Portland con resistencia de 408 kg/cm² a los 28 días, agregados de origen basáltico triturados procedentes del banco Gravase Santa Rosa en Jalisco, aditivo plastificante reductor de agua de medio rango y un retardante de fraguado.

Avance de obra

Está prevista su finalización y puesta en servicio para el año 2016.

Conclusión

En obras como el Proyecto Libramiento Sur de Guadalajara, la tecnología del concreto constituye un lenguaje de interacción entre la ingeniería y las comunidades, que ofrece grandes resultados y costos competitivos en obras civiles que son un legado a la posteridad para el disfrute de las futuras generaciones.



Bibliografía

- American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO. Guía de Diseño
- Portland Cement Association, PCA: Guía de Diseño
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, IMCYC: Pavimentos de Concreto

