



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA**



**PROGRAMA UNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL**

TÍTULO DEL TEMA:

**“TECNOLOGÍA DEL CONCRETO PERMEABLE O ECOLOGICO EN LA
CONSTRUCCIÓN”**

PROYECTO TERMINAL EN EXTENSO

PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN CONSTRUCCIÓN

TUTOR:

M. EN I. LUIS CANDELAS RAMÍREZ

PRESENTA:

ING. LUIS ENRIQUE TORRES FLORES.

MÉXICO D.F. SEPTIEMBRE DE 2010

DEDICATORIAS

A MIS PADRES.

Ya que gracias a su apoyo incondicional he podido realizar un proyecto más en mi vida, que me ha enseñado a ser mejor persona en esta vida. Gracias por todo lo que me han enseñado. Por su esfuerzo para ayudarme a seguir adelante mostrándome el camino correcto.

ÍNDICE GENERAL

	INTRODUCCIÓN-----	4
CAPITULO 1	COMPONENTES-----	8
CAPITULO 2	PROPIEDADES-----	11
CAPITULO 3	DISEÑO DE MEZCLA-----	22
CAPITULO 4	APLICACIONES-----	28
CAPITULO 5	VENTAJAS-----	40
CAPITULO 6	PROCESO CONSTRUCTIVO-----	43
CAPITULO 7	CONCLUSIONES-----	54
	BIBLIOGRAFÍA -----	56

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Este informe proporciona información técnica sobre la aplicación de concreto permeable, métodos de diseño, materiales, propiedades, dosificación de mezcla, los métodos de construcción, ensayo e inspección.

El término "concreto permeable" típicamente describe un material compuesto de cemento portland, agregado grueso, poco o nada de agregado fino, aditivos y agua. La combinación de estos ingredientes produce un material endurecido con poros conectados, que varían en tamaño de 2 a 8 mm, que permiten el paso del agua con facilidad.

La tasa de drenaje del pavimento de concreto permeable dependerá del tamaño de agregados y la densidad de la mezcla, pero en general se sitúa en el rango de 81 a 730 litros/min/m².

La preocupación ha ido creciendo en los últimos años hacia la reducción de los contaminantes en el agua y el medio ambiente.

Los ingenieros se dieron cuenta que los escurrimientos cada vez afectaban mas los desarrollos inmobiliarios por el efecto de la erosión.



El pavimento de concreto permeable reduce el impacto de la erosión en los desarrollos que generan los escurrimientos y recarga los mantos acuíferos.

¿QUE ES EL CONCRETO PERMEABLE?

El concreto permeable es un concreto especial que se caracteriza por su alta porosidad que permite el paso del agua a través de su estructura. Esta característica se debe a su alto contenido de vacíos interconectados en el orden de 15% a 35% dependiendo de los materiales y de su aplicación.

ANTECEDENTES.

Aplicaciones en la construcción: historia

El concreto permeable se ha utilizado en la construcción de edificios por lo menos desde mediados del siglo XIX. A lo largo de este capítulo, el término concreto permeable se utiliza para describir el material, pero en las referencias e históricamente, se ha descrito como concreto sin finos o concreto con diferencia gradual. Países europeos han utilizado el concreto permeable en diferentes modos: uno es, utilizando el concreto permeable para muros de carga en casas de uno y varios pisos y, en algunos casos, en edificios altos; en paneles prefabricados, y en moldes de curado a vapor.

En 1852, el concreto permeable se utilizó por primera vez en la construcción de dos casas en el Reino Unido. Este concreto consistía en sólo grava gruesa y cemento.

En la década de 1930, la asociación escocesa de vivienda especial adoptó el uso del concreto permeable para la construcción residencial. Para 1942, el concreto permeable se había utilizado para construir más de 900 casas.

Los estragos de la Segunda Guerra Mundial desde 1939 hasta 1945 dejó casi toda Europa con gran necesidad de vivienda, que fomentó el desarrollo de métodos nuevos o previamente no utilizados en construcción de edificios.

Notablemente entre ellos fue el concreto permeable ya que usaba menos cemento por unidad de volumen de concreto, en comparación con el concreto convencional, y el material era ventajoso cuando la mano de obra era escasa o cara. Con los años, el sistema de concreto permeable contribuyó sustancialmente a la producción de nuevas viviendas en el Reino Unido, Alemania, Holanda, Francia, Bélgica, Escocia, España, Hungría, Venezuela, África Occidental, el Medio Oriente, Australia y Rusia.

Alemania utilizó este sistema porque la eliminación de grandes cantidades de escombros de ladrillos era un problema después de la guerra, lo que llevó a la investigación sobre las propiedades del concreto permeable.

En otros lugares, la demanda sin precedentes de ladrillo y la consiguiente imposibilidad de la industria de ladrillos para proporcionar un suministro adecuado, condujo a la adopción del concreto permeable como material de construcción.

Así mismo, en Escocia, entre 1945 y 1956, muchas casas fueron construidas con concreto permeable. Esto se debió principalmente a la presencia de cantidades ilimitadas de los

agregados duros y la ausencia de buenos ladrillos. Los informes sobre el primer uso del concreto permeable en Australia datan de 1946.

Antes de la Segunda Guerra Mundial, la producción de concreto permeable se limitaba a casas de dos pisos. Después de 1946, sin embargo, el concreto permeable se utiliza para una amplia gama de aplicaciones.

Se especifica como un material para elementos de carga en edificios de hasta 10 pisos de altura.

El concreto permeable se utiliza ampliamente para edificios de industria, públicos y domésticos en las zonas al norte del Círculo Ártico, porque el uso de materiales de construcción tradicionales resulta impráctico. Por ejemplo: los costos de transporte de ladrillo, los riesgos de incendio de la madera, y el pobre aislamiento térmico del concreto.

Aunque el concreto permeable se ha utilizado en Europa y Australia durante los últimos 60 años, su uso como material de construcción en Norte América ha sido extremadamente limitado. Una de las razones de este uso limitado es que, después de la Segunda Guerra Mundial, Norte América no experimento la escasez de materiales en la misma medida que en Europa.

En Canadá, el primer uso del concreto permeable fue en 1960. El concreto permeable se utilizó en la construcción de algunas casas en Toronto. También fue utilizado de manera no estructural en un edificio federal en Ottawa.

En México no se tienen datos precisos de sus primeros usos, pero se sabe que debido a los problemas que atraviesan las grandes ciudades del país con la sequia de los mantos acuíferos, su uso se ha ido promoviendo cada vez mas.

CAPÍTULO 1.

COMPONENTES

CAPÍTULO 1. COMPONENTES.

1.1. GENERAL.

El concreto permeable se compone principalmente de cemento portland normal, de un tamaño de agregado grueso uniforme y de agua. Esta combinación forma una aglomeración de agregados gruesos rodeada por una fina capa de pasta de cemento endurecido en sus puntos de contacto.

Esta configuración produce grandes vacíos entre el agregado grueso, lo que permite que el agua pueda penetrar en un ritmo mucho más rápido que el concreto convencional. El concreto permeable se considera un tipo especial de concreto poroso.

El concreto permeable no tiene agregado fino o muy poco en la mezcla.

1.2. AGREGADOS

Los tamaños del agregado utilizado en el concreto permeable oscilan entre 3/4 y 3/8 de pulgada.

Agregado redondeado y aplastado, tanto normales y de peso ligero, se han utilizado para hacer el concreto permeable.

La mezcla utilizada debe cumplir con los requisitos de la norma de la American Section of the International Association for Testing Materials (ASTM) D448 y C33

La ASTM D448, nos indica la clasificación estándar de tamaños de agregados para la construcción de caminos y puentes.

La ASTM C33, hace referencia a la especificación estándar de agregados para concreto.

Los agregados finos normalmente no deben ser utilizados en mezclas de concreto permeable porque tienden a comprometer la conectividad del sistema de poros.

1.3. CEMENTO.

El cemento Portland se utiliza como aglutinante principal.

1.4. AGUA.

La calidad del agua para el concreto permeable se rige por los mismos requisitos que un concreto convencional.

El concreto permeable debe ser proporcionado con una relación agua – cemento (a/c) relativamente baja (0,30 a 0,40) debido a que un exceso en la cantidad de agua dará lugar a un

drenaje de la pasta y el taponamiento posterior del sistema de poros. La adición de agua, por lo tanto, tiene que ser controlada de cerca en el campo.

1.5. ADITIVOS.

Los aditivos deben cumplir los requisitos de la norma ASTM C 494.

La norma ASTM C 494, nos da a conocer la especificación normalizada de aditivos químicos para concreto.

Los aditivos reductores de agua (de alta o mediano rango) se utilizan en función de la relación agua cemento (a/c).

Los aditivos retardantes se utilizan para estabilizar y controlar la hidratación del cemento. Los aditivos retardantes son frecuentemente preferidos cuando se trata de mezclas de rigidez, especialmente en aplicaciones con clima caliente. Los aditivos retardantes pueden actuar como lubricantes para ayudar a la descarga de un mezclador de concreto y puede mejorar el manejo, y en el lugar las características de rendimiento.

Los aditivos acelerantes se pueden utilizar cuando el concreto permeable se coloque en un clima frío.

Los aditivos inclusores de aire no son comúnmente utilizados en concretos permeables, pero pueden ser utilizados en entornos sensibles a la congelación y descongelación.

CAPÍTULO 2.

PROPIEDADES

CAPÍTULO 2. PROPIEDADES

2.1 GENERAL.

Las diversas propiedades de resistencia del concreto permeable dependen de los contenidos de cemento, de la relación agua - cemento (a/c), del nivel de compactación y de la graduación y calidad del agregado.

Aunque el concreto permeable se ha utilizado para la pavimentación por más de 20 años, sólo unas pocas investigaciones se han llevado a cabo para determinar su rendimiento.

Estas investigaciones se han basado principalmente en pruebas de laboratorio con pocos datos obtenidos de las instalaciones de campo. En la actualidad, son pocos los procedimientos estándar que existen para fabricar y ensayar probetas de concreto permeable en el laboratorio o campo.

2.2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

La resistencia a la compresión del concreto permeable se encuentra fuertemente afectada por la proporción de la matriz y el esfuerzo de compactación durante la colocación.

A continuación la siguiente figura (figura #1), se muestra la relación entre la resistencia a la compresión de concreto permeable en libras por pulgada cuadrada (psi) y el porcentaje de contenido de aire.

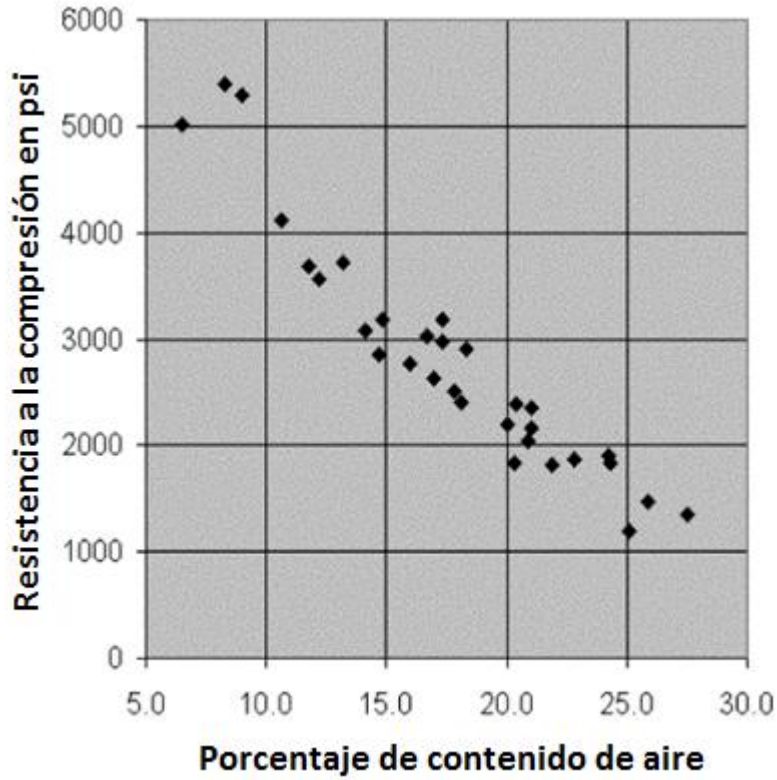


Figura # 1

Nota: 1 libra por pulgada cuadrada (psi) = 0.07 Kg/cm²

La cifra se basa en una serie de pruebas de laboratorio en las que dos tamaños de agregado grueso se utilizaron, el esfuerzo de compactación y la graduación del agregado se fueron variando.

En nuestra siguiente figura (figura # 2) se muestra una relación entre la resistencia a la compresión del concreto permeable y el peso unitario. La cifra está basada en otra serie de ensayos de laboratorio cuando se utilizó agregado grueso, y el esfuerzo de compactación y el tamaño y la proporción de cemento-agregado fue variada.

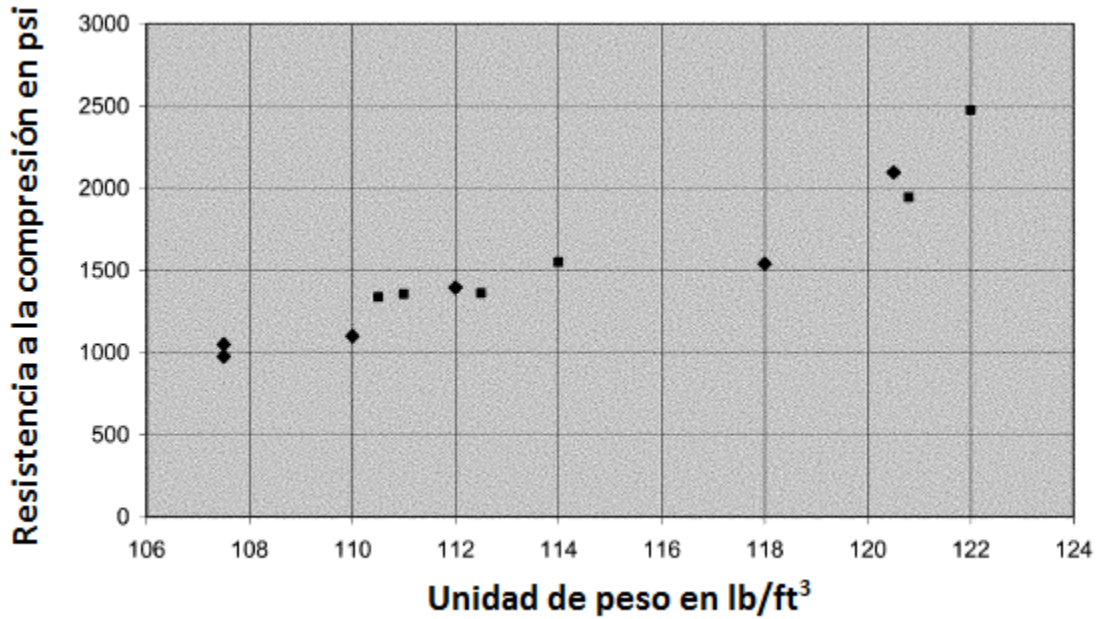


Figura # 2

Nota: 1 lb/ft³ = 16.02 Kg/m³

La figura # 2 nos muestra que los puntos fuertes de compresión relativamente alta de mezclas de concreto permeable son posibles.

Aunque la relación agua – cemento (a/c) de una mezcla de concreto permeable es importante para la resistencia a la compresión y la estructura de vacío; podemos observar que una relación agua – cemento alta, puede dar lugar a que la pasta que se crea puede llegar a tapar la estructura debido a su fluidez; y para una relación agua – cemento baja, puede resultar en que se reduzca la adherencia entre las partículas de agregado y también generar problemas de colocación.

Nuestra siguiente figura (figura # 3) muestra la relación entre la relación agua – cemento y el contenido de aire de una mezcla de concreto permeable a dos niveles diferentes de compactación. La experiencia ha demostrado que una relación agua – cemento de 0.26 a 0.45 proporciona buena estabilidad.

Contenido de aire para 2 niveles de compactación

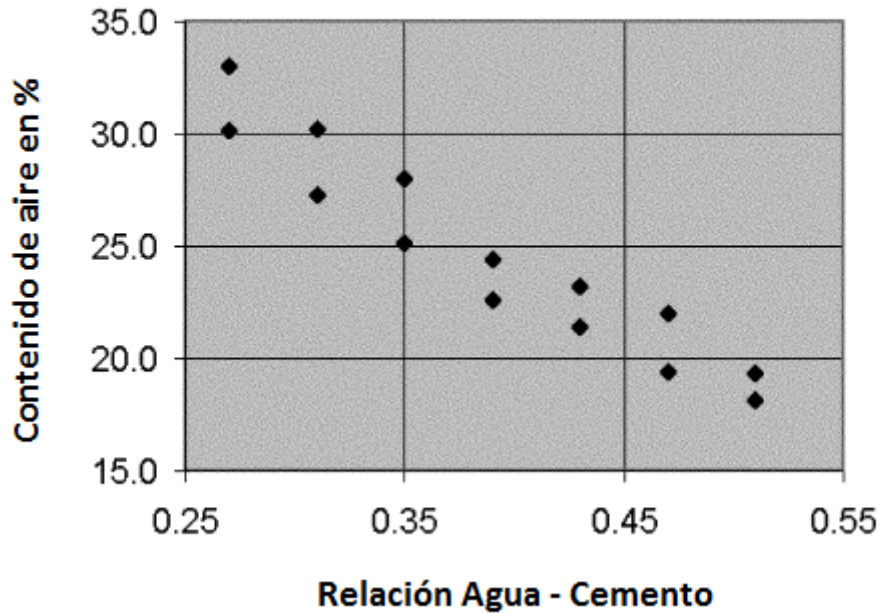


Figura # 3

El contenido de material cementante total de una mezcla de concreto permeable es importante para el desarrollo de resistencia a la compresión y para la estructura anular.

Un alto contenido de pasta dará lugar a una estructura de vacío llena y, en consecuencia, la porosidad reducida. Un contenido de cemento insuficiente, puede resultar en una capa de pasta reducida y por tanto afectar la resistencia a la compresión. El contenido de cemento depende en gran parte del tamaño del agregado y la graduación.

2.3. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.

En la siguiente figura (figura #4) se muestra la relación entre resistencia a la flexión del concreto permeable y el contenido de vacío de aire obtenido por pruebas de laboratorio.

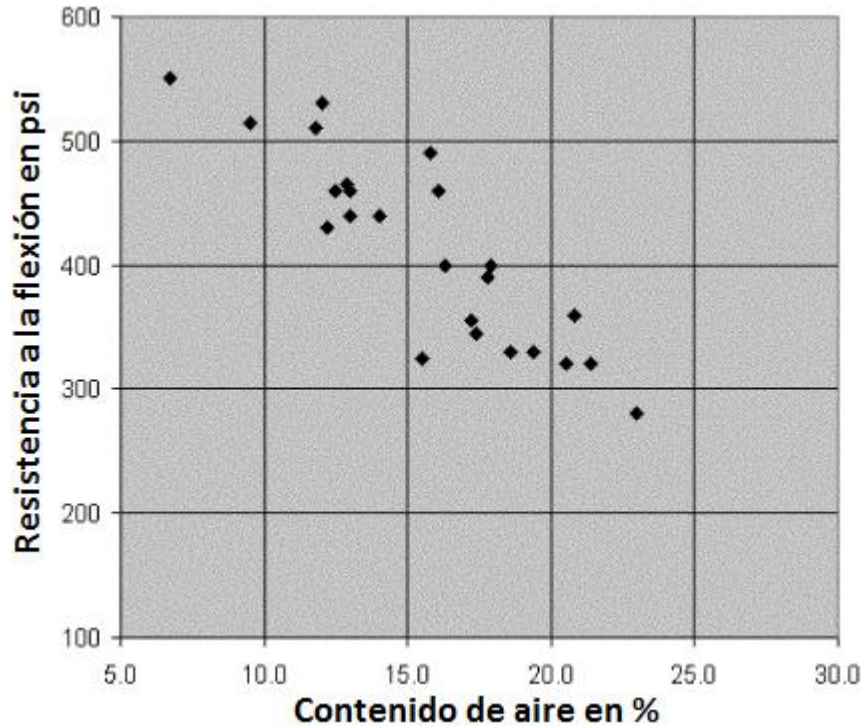


Figura # 4

Aunque estos resultados se basan en un número limitado de muestras, comparando los datos de la figura de la resistencia a la compresión en la figura # 2, nos indica que una relación entre la compresión y la fuerza de flexión del concreto permeable existe.

Ahora se muestra en la figura # 5, la relación entre resistencia a la compresión y a la flexión del concreto permeable para una serie de pruebas de laboratorio.

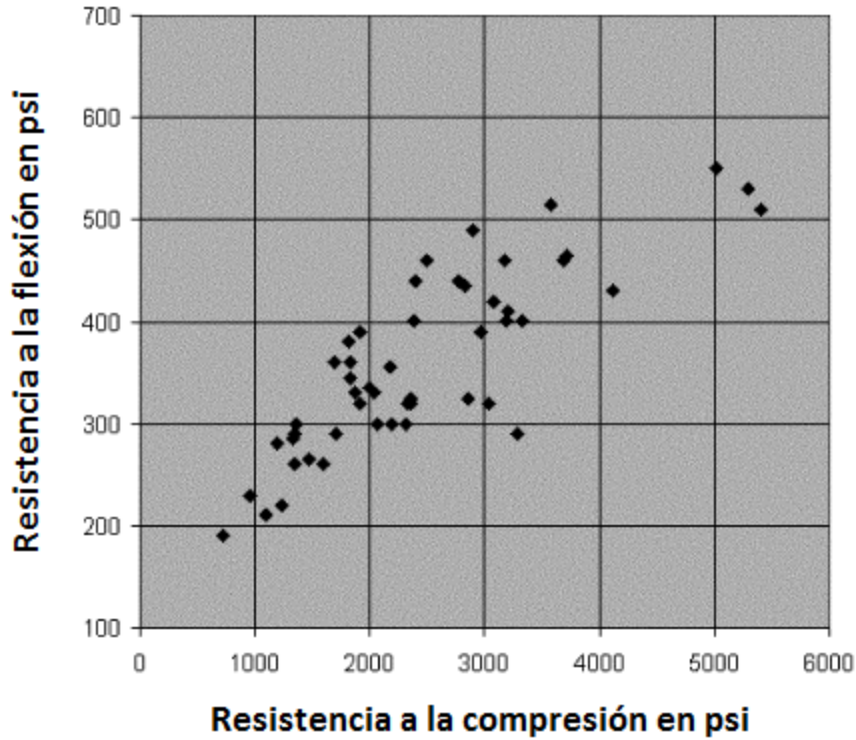


Figura #5

2.4. CONTENIDO DE AIRE / UNIDAD DE PESO.

El contenido de aire se calcula como un porcentaje por el método gravimétrico y está directamente relacionado con el peso unitario de una determinada mezcla de concreto permeable.

El contenido de aire es altamente dependiente de varios factores:

- Graduación del agregado.
- Contenido de material cementante.
- Relación agua - cemento.
- Esfuerzo de compactación.

En una serie de pruebas de laboratorio, una sola mezcla de concreto permeable compactada con ocho diferentes niveles de esfuerzo produjeron valores de unidad de peso que fueron variando desde 1680 a 1920 kg/m³.

2.5-TASA DE FILTRACIÓN.

Una de las características más importantes del concreto permeable es su capacidad para filtrar agua. La tasa de filtración del concreto permeable se relaciona directamente con el contenido de vacío de aire.

Las pruebas han demostrado que un contenido mínimo de aire de aproximadamente el 15% es necesario para alcanzar una filtración significativa.

La tasa de filtración aumenta conforme aumenta el contenido de aire y en consecuencia disminuye la fuerza de compresión. El reto en el concreto permeable es lograr un equilibrio en la mezcla de dosificación entre una tasa de filtración aceptable y una resistencia a la compresión aceptable.

La permeabilidad del concreto permeable puede ser medida por un permeámetro como se muestra en la figura # 6.

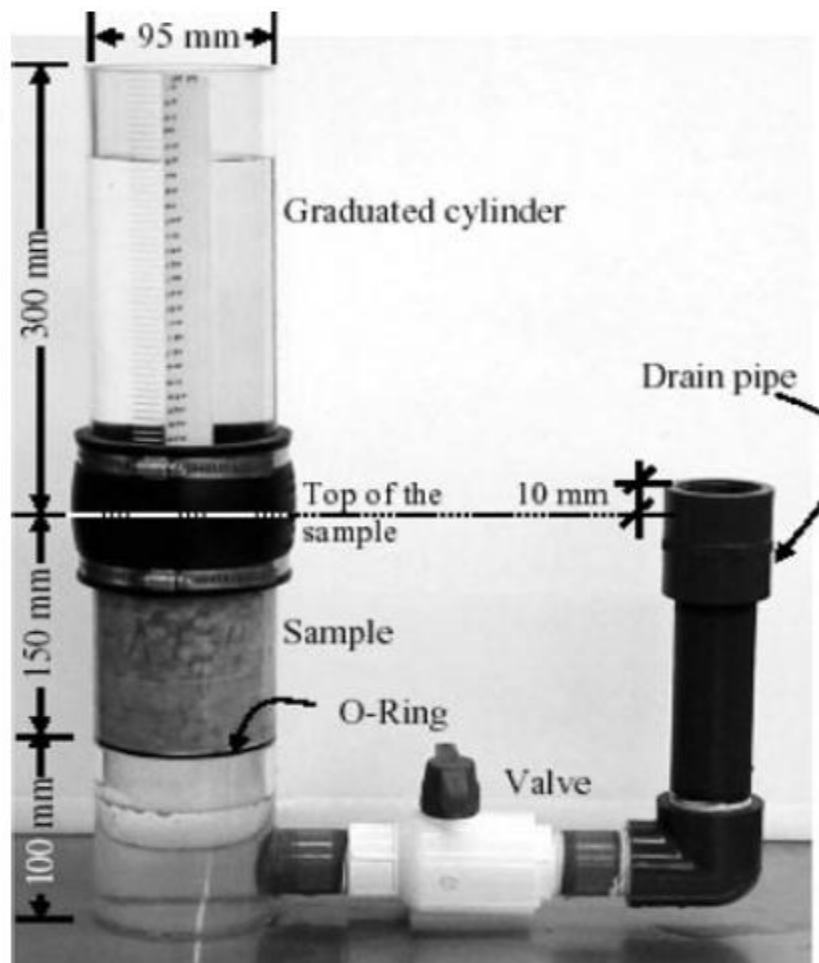


Figura # 6

Con este método, la muestra está encerrada en una membrana de látex para evitar que el agua fluya a lo largo de los lados de la muestra. El agua se agrega a la probeta para llenar la celda de muestra y el tubo de drenaje.

La muestra se pre acondicionará permitiendo que el agua drene hacia afuera a través del tubo hasta que el nivel en el cilindro graduado sea el mismo que la parte superior del tubo de drenaje. Esto reduce al mínimo las bolsas de aire en la muestra y asegura que la muestra esté completamente saturada.

Con la válvula cerrada, el cilindro graduado se llena de agua. La válvula se abre entonces, y el tiempo t en segundos necesarios para que el agua caiga desde una cabeza inicial h_1 hasta una cabeza final h_2 se mide. El equipo está calibrado para una carga inicial de 290 mm y una final de 70 mm.

El coeficiente de permeabilidad k en [m/s] se puede expresar como $k = A/t$

Donde $A = 0,35$ pulgadas (0,084 m).

2.6 DURABILIDAD.

La durabilidad del concreto permeable se refiere a la vida útil bajo ciertas condiciones ambientales.

Algunos efectos físicos que influyen negativamente en la durabilidad del concreto son la exposición a temperaturas extremas y los productos químicos tales como sulfatos y ácidos.

No se han realizado investigaciones sobre la resistencia del concreto permeable a los ataques agresivos por remanidos o agua ácida de sulfato. La durabilidad del concreto permeable bajo condiciones de congelación y descongelación todavía no está bien documentada.

Pruebas limitadas de entrada en condiciones de congelación y descongelación indican poca durabilidad si la estructura entera se llena de agua.

En campo existen pocos datos sobre la durabilidad a largo plazo del concreto permeable en los climas fríos. Se debe tener precaución cuando se utiliza el concreto permeable en una situación de saturación por completo cuando una helada pueda ocurrir.

La determinación de la dosis adecuada de mezcla de oclusión de aire, factor de cemento y el peso unitario de la mezcla de producción puede ser lograda a través del ensayo de muestras en el laboratorio de concreto.

Las fibras sintéticas pueden ser empleados para aumentar la dureza.

2.7. ABSORCIÓN ACÚSTICA.

Debido a la presencia de un gran volumen de poros interconectados de tamaño considerable en el material, el concreto permeable es muy eficaz en la absorción acústica. El material puede ser empleado como un medio para reducir el ruido generado por la interacción de los neumáticos sobre el pavimento.

La reducción de ruido se produce debido a la combinación de la generación de ruido reducido y una mayor absorción acústica.

Los pavimentos permeables alteran la generación de ruido, reduciendo al mínimo el aire de bombeo entre el neumático y la superficie de la carretera. Además, los poros absorben el sonido a través de la fricción interna entre las moléculas de aire que se mueve y las paredes de los poros.

Para evaluar las características de absorción acústica de concreto permeable, un tubo de impedancia, se pueden emplear, como se muestra en la siguiente figura (figura # 7).

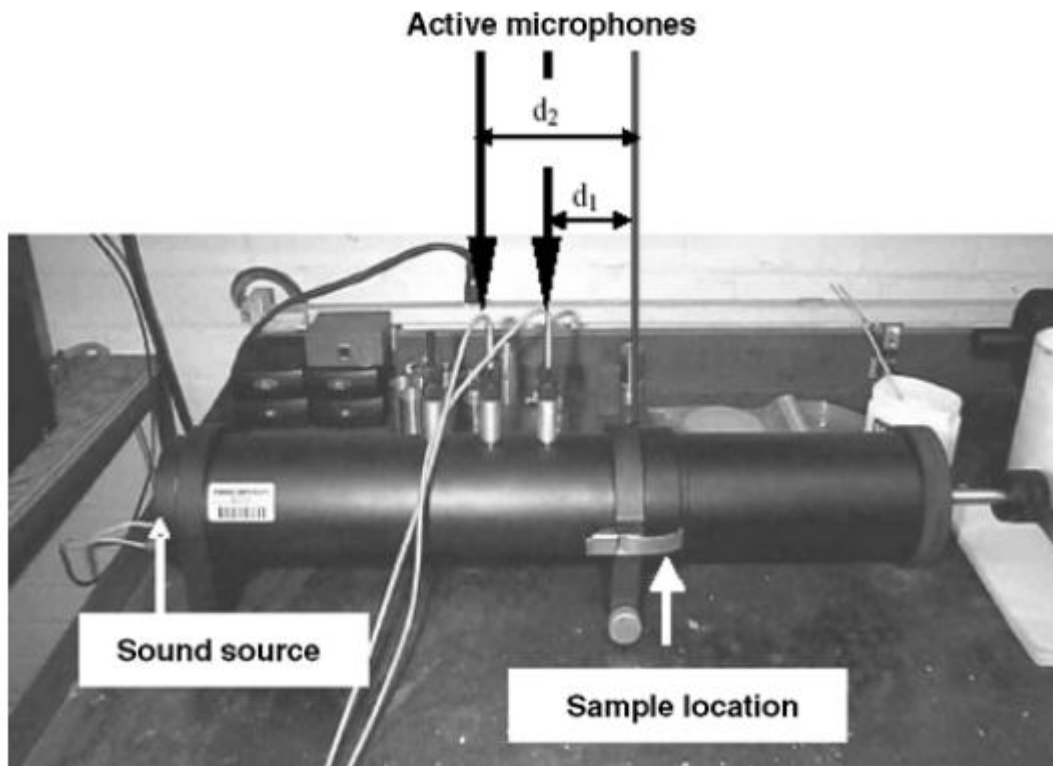


Figura # 7

Un cilindro con un diámetro de 95 mm se puede acomodar en el tubo de impedancia. La muestra se coloca dentro de un cilindro de teflón de funda delgada, en la que se ajuste bien.

El montaje de la muestra es colocada sobre un soporte rígido en un extremo del tubo de impedancia, que está equipado con una fuente de sonido. Un avión de la onda acústica es generado por la fuente de sonido y se propaga a lo largo del eje del tubo.

Los micrófonos colocados a lo largo de la longitud del tubo se utilizan para detectar la presión de ondas sonoras transmitidas a la muestra y la parte de la ola que se refleja. La reflexión o coeficiente de presión R es la relación entre la presión de la onda reflejada a la de la onda de entrada en una frecuencia particular.

El coeficiente de absorción α es una medida de la capacidad de un material para absorber el sonido. Un material con un coeficiente de absorción de 1.0 indica un material que únicamente absorbe, mientras que un material con un coeficiente de absorción de 0 indica que el material es puramente reflexivo.

El concreto normal, por ejemplo, suele tener un coeficiente de absorción de 0.03 a 0.05.

El concreto permeable tiene típicamente un rango de absorción de 0.1 (mezcla mal realizada) a cerca de 1 (para mezclas con un volumen de poro óptimo y tamaños).

El coeficiente de absorción depende de la frecuencia de las ondas sonoras que inciden, y por lo tanto, es importante seleccionar un buen espesor de concreto permeable con el fin de minimizar los sonidos de la frecuencia deseada (800 a 1200 Hz es la más desagradable para el oído humano).

CAPÍTULO 3.

DISEÑO DE MEZCLA

CAPITULO 3. DISEÑO DE MEZCLA

3.1. MATERIALES.

El concreto permeable utiliza los mismos materiales que el concreto convencional, con las excepciones que el agregado fino normalmente se elimina por completo, y la distribución del tamaño (clasificación) de los agregados gruesos se mantiene estrecha.

Esto proporciona las propiedades de endurecido, pero también da lugar a una mezcla que requiere diferentes consideraciones en la mezcla, colocación, compactación y curado. Las proporciones de la mezcla son algo menos tolerantes que las convencionales mezclas de concreto, estrictos controles de dosificación de todos los ingredientes son necesarios para proporcionar los resultados deseados.

A menudo, los productores locales serán capaces de determinar las mejores proporciones de la mezcla, dependiendo de los materiales disponibles en la localidad donde se encuentren, esto mediante la realización de ensayos y por supuesto la experiencia.

3.2. CEMENTO.

Al igual que en concretos tradicionales, los cementos portland y los cementos de mezcla se pueden utilizar en el concreto permeable.

Además, los materiales cementantes suplementarios como cenizas volantes, puzolanas y escoria granulada se pueden utilizar.

Se recomienda realizar de antemano ensayo de materiales a través del ensayo de dosificación de manera que las propiedades que pueden ser importantes para el rendimiento (tiempo de fraguado, la tasa de desarrollo de la fuerza, la porosidad y permeabilidad, entre otros) se pueda determinar.

3.3. AGREGADO.

El contenido de agregado fino en el concreto permeable es limitado y el agregado grueso se mantiene a una gradación estrecha.

Los agregados gruesos comúnmente utilizados son:

Nº 67 (de 4.75 a 19.0mm).

Nº 8 (de 2.36 a 9.5mm).

Nº 89 (de 1.18 a 9.5mm).

Del tamaño de agregados únicos de hasta 1 pulgada (25 mm) también se ha utilizado.

Una clasificación estrecha es una característica importante. Agregados más grandes proporcionan una superficie más rugosa.

Usos recientes sobre el concreto permeable se han centrado en los estacionamientos, aceras de tráfico bajo y andadores peatonales. Para estas aplicaciones, el agregado de tamaño más pequeño posible se utiliza por razones estéticas. Tamaño del agregado grueso Nº 89 (de 1.18 a 9.5mm) se ha utilizado ampliamente para el estacionamiento y las aplicaciones de los peatones.

La imagen siguiente (imagen #1) nos muestra dos agregados de diferentes tamaños utilizados en concretos permeables para crear diferentes texturas de superficie.



Imagen # 1

3.4. AGUA.

El agua tiene regularmente una relación con los materiales cementantes entre el 0.27 al 0.30, comúnmente se utiliza con una apropiada inclusión de aditivos químicos. La relación entre la fuerza y el agua en materiales cementantes no está clara para el concreto permeable, porque a diferencia del concreto convencional, el contenido de pasta total es inferior al contenido de vacíos entre los agregados.

Por lo tanto, hacer la pasta más fuerte no siempre producirá un aumento de la fuerza.

El contenido de agua debe ser cuidadosamente controlado. El contenido de agua correcto ha sido descrito como el brillo en la mezcla, sin que fluya fuera de la acumulación.

Como regla general, el agua que es potable es apta para su uso en el concreto. El agua reciclada de las operaciones de producción de concreto se puede utilizar también, si se ajusta a las disposiciones de la norma American Society for Testing Materials (ASTM) C 94 o de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) M 157.

ASTM C94: Especificación estándar para concreto premezclado.

AASHTO M 157: Especificación estándar para concreto premezclado

3.5. ADITIVOS.

Aditivos químicos se utilizan en el concreto permeable para obtener propiedades especiales, como en el concreto convencional. Debido al tiempo de fraguado rápido relacionado con el concreto permeable, aditivos retardadores y estabilizadores-hidratación se usan comúnmente.

El uso de aditivos químicos debería seguir de cerca las recomendaciones del fabricante.

Aditivos inclusores de aire pueden reducir daños por congelación y deshielo en el concreto permeable.

RANGOS TÍPICOS DE PROPORCIÓN DE MATERIALES EN CONCRETO PERMEABLE

	Proporciones en Lb/Yd ³	Proporciones en Kg/m ³
Cemento	450 – 700	270 – 415
Agregado	2000 - 2500	1190 - 1480
Relación agua-cemento (por masa)	0.27 – 0.34	
Relación agregado-cemento (por masa)	4 a 4.5 – 1	
Relación agregado fino-grueso	0 a 1 - 1	

Estas proporciones son dadas como información solamente. El éxito de la mezcla dependerá de la calidad de los materiales, y estos deberán de ser muestreados y analizados para prever su comportamiento.

A continuación se muestran imágenes de mezclas con diferentes proporciones.



Mezcla con muy poco agua.



Mezcla con proporción adecuada



Mezcla con exceso de agua.

CAPÍTULO 4.

APLICACIONES

CAPÍTULO 4. APLICACIONES

4.1 GENERAL

El concreto permeable se ha utilizado en una amplia gama de aplicaciones, incluyendo:

- Pavimento permeable para estacionamientos.
- Las capas de drenaje en las zonas rígidas en un centro comercial exterior.
- Los pisos de efecto invernadero para mantener el suelo libre de agua estancada.
- Pavimentos, paredes y pisos donde las mejores características de absorción acústica se desean.
- Como base para calles de la ciudad, carreteras locales, caminos y aeropuertos.
- Superficie para estacionamientos, pistas de tenis, áreas de zoológico, en graneros y los establos.
 - En decks de la piscina.
 - Estructuras de playa y malecones.
 - Como filtros para tratamiento de aguas residuales.
 - Sistemas de almacenamiento de energía solar.
 - Muro de revestimiento de pozos de agua.
- Arrecifes artificiales donde la estructura de concreto permeable imita la estructura del arrecife.

Normalmente, el concreto permeable sin refuerzo se utiliza en todas estas aplicaciones debido al alto riesgo de acero de refuerzo, debido a la corrosión en la estructura de poro abierto del material.

Ejemplos de aplicaciones:

Andador peatonal.



Ciclo pista.



Como pavimento en parques.



En áreas de estacionamiento

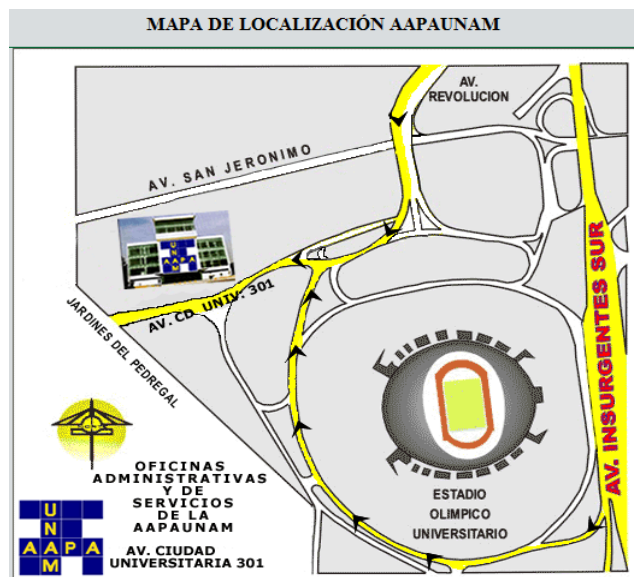


En decks para piscinas.



Un ejemplo en específico de una aplicación de concreto permeable lo podremos encontrar en la Asociación autónoma del personal académico de la Universidad Nacional Autónoma de México (AAPA UNAM).

AAPA UNAM se localiza en avenida ciudad universitaria # 301.



Si tienen la oportunidad de visitar este edificio, se podrán dar cuenta que el área de estacionamiento se encuentra pavimentada con concreto permeable, esto con el fin de que el

concreto permeable permite que el agua de lluvia se filtre naturalmente através de él, previniendo que depósitos de aceite, gasolina o cualquier otro contaminante penetre a los drenajes de agua de lluvia y lleguen a las aguas subterráneas.

A continuación se muestra un anexo fotografico donde se puede apreciar la aplicación de el concreto permeable en el area de estacionamiento, como una aplicación mas de concreto para promover el desarrollo sustentable.

ANEXO FOTOGRAFICO

Imagen # 1



En esta imagen # 1, se muestra el edificio de la AAPA UNAM, con su estacionamiento frontal sin techar, construido con concreto permeable. Este edificio también cuenta en su parte trasera con un estacionamiento techado y en su parte baja el piso es de concreto permeable, el cual se mostrara en la imagen #2, así como andadores construidos también con concreto permeable para conectar las diferentes áreas de la AAPA UNAM.

Imagen # 2



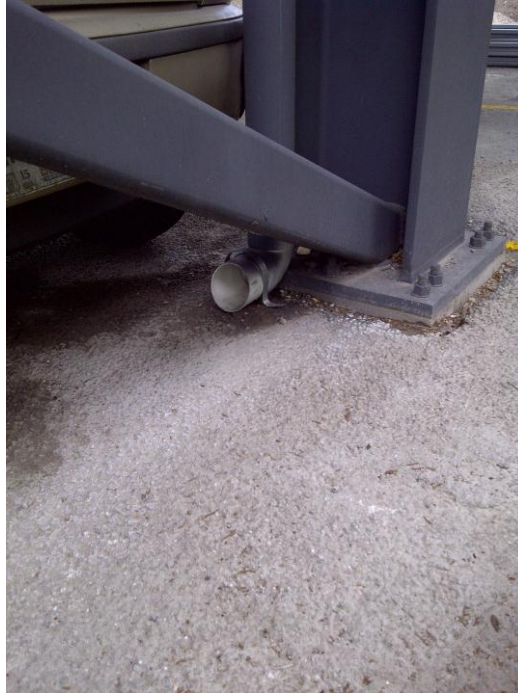
En la imagen # 2 se puede apreciar otra parte del estacionamiento de la AAPA UNAM, este estacionamiento es de 2 pisos, pero en su planta baja, el piso está construido con concreto permeable, se puede apreciar que no existe ningún tipo de coladera para recibir las aguas producidas por los escurrimientos, ya que todo se filtrara a través del concreto permeable.

Imagen # 3



Ahora podemos apreciar en la imagen # 3, la porosidad que presenta el concreto permeable, principal característica por la que permitirá el filtro del agua a través de él. Este acercamiento es tomado del concreto permeable que se encuentra en el estacionamiento sin techar, la pintura es para señalar que es un espacio designado para personas con necesidades especiales.

Imagen # 4



Aquí en la imagen # 4 se ve con claridad que los bajantes de aguas pluviales no están conectados a ninguna red de aguas pluviales o alcantarillado, sino que el tubo baja hasta la planta baja y se deja abierto para que el agua se filtre a través del concreto permeable, con esto se cumplen 2 de los objetivos del concreto permeable, que son la recarga de los mantos acuíferos y el evitar tener instalaciones para conducción de aguas pluviales.

Imagen # 5



En esta imagen (imagen # 5) se puede apreciar que en este caso los cortes de junta de contracción en el concreto están a cada 2 metros, en ambos sentidos.

Imagen # 6



En la imagen # 6 se puede observar una parte de los andadores que conectan a las diferentes áreas de la AAPA UNAM construido también con concreto permeable.

Podemos concluir que el edificio de la AAPA UNAM en su parte de estacionamientos es un edificio sustentable, ya que con la implementación del concreto permeable en los pisos de estacionamiento beneficia a la recarga de los mantos acuíferos.

4.2. SUPERFICIE DE RODAMIENTO.

Por supuesto el concreto permeable puede ser utilizado como una capa de rodamiento para estacionamientos y carreteras de poco tráfico.

Su uso en gran medida, ha sido en superficies de rodamiento. Varios estacionamientos consisten en una capa de rodamiento de concreto permeable.

Hay 3 factores que nos pueden ayudar a elegir una superficie de rodamiento de concreto permeable:

1.- Cuando con frecuencia se encuentra con fuertes tormentas que causan la acumulación rápida de grandes cantidades de agua de lluvia, y el uso del concreto permeable reduce el volumen de escurrimiento.

2.- Cuando se prefiere que el agua de lluvia sea retenida en el sitio para recargar el sistema de aguas subterráneas.

3.- La rentabilidad de la utilización de concreto permeable sobre el concreto convencional es mucho mayor con la eliminación de los drenajes pluviales.

4.3. ESTACIONAMIENTOS.

El concreto permeable fue referenciado como un material para estacionamientos.

El concepto se desarrolló como un medio para manejar las enormes cantidades de agua que caen en un estacionamiento durante una tormenta; el concreto permeable permite que el agua se filtre en el suelo bajo el pavimento.

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) ha adoptado una política que propone la utilización de pavimentos permeables como parte de su mejor estado de Gestión Práctica (BMP) como una manera para que las comunidades puedan mitigar el problema de la escorrentía de aguas pluviales.

Los estacionamientos de concreto permeable también han sido seleccionados como una solución integral al problema de los pavimentos calientes en el programa de comunidades cool.

En general, la temperatura del aire en los estacionamientos de concreto permeable es más frío que la temperatura sobre los estacionamientos de asfalto. Los estacionamientos de concreto permeable también reducen la acumulación de nieve y hielo. Además, el concreto permeable es considerado como no contaminante al medio ambiente. La gama de espesores prácticos de diseño para pavimentos de concreto permeable es de 5 a 10 pulgadas (125 a 250 mm).

4.4. CARRETERAS.

Las carreteras de concreto permeable se utilizan usualmente de 2 formas:

- 1) como una base de desagüe o como material de sub-base.
- 2) como superficie de la carretera.

En ambas categorías, las características de drenaje son propiedades necesarias, pero los requisitos de resistencia pueden variar dependiendo de la localización del material en la sección de pavimento. La gama de espesores prácticos de diseño para el concreto permeable es de 6 a 10 pulgadas (150 a 250 mm) para pavimentos camino llano.

Muchas carreteras en Europa se construyen con una capa de concreto permeable con látex modificado que permite el drenaje del pavimento y la reducción de ruido de los neumáticos. El resultado de la modificación de látex brinda mejores propiedades mecánicas.

4.5. BASES PERMEABLES Y BORDE DE LOS DESAGÜES.

Una base de concreto permeable drena el agua que normalmente se acumula debajo de un pavimento. Este tipo de construcción ayuda a reducir el bombeo de materiales de subrasante que podría llevar a la falla del pavimento.

En algunos estados, los departamentos de transporte han creado estándares para la construcción de bases de drenaje y desagües borde con concreto permeable.

California, Illinois, Oklahoma y Wisconsin tienen dichas especificaciones estándar.

El Concreto permeable en estas aplicaciones es normalmente de una menor resistencia (1000 lb/pulgada² (psi) o menos), y se utiliza junto con una tela geo textil no tejido. Un sistema similar se puede utilizar en la estabilización de taludes.

4.6. HOMBROS.

Hombros de concreto permeable se han utilizado en Francia en un esfuerzo por reducir el bombeo por debajo de pavimentos de concreto. Aditivos de oclusión de aire se utilizan para aumentar la resistencia a la congelación y descongelación.

Porosidades del orden de 15 a 25% se han encontrado para eliminar casi el riesgo debido a la congelación. La resistencia a la compresión es a menudo inferior a 2000 lb/pulgada² (psi) a los 28 días.

4.7. NUEVAS APLICACIONES.

Los drenajes, servicios de agua y los recursos de poder han utilizado el concreto permeable para la construcción de cuadros de drenaje permeable, así como los desagües por debajo de las estructuras hidráulicas. Los desagües alivian las presiones de elevación y permiten ser drenados por debajo de las tuberías de desagüe.

INVERNADEROS.

El uso del concreto permeable como un sistema de almacenamiento térmico en plantas de efecto invernadero ha sido investigado por los investigadores (Monahan, 1981; Herodes 1981). La planta sirve como área de almacenamiento, así como un intercambiador de calor para la calefacción de efecto invernadero solar.

El concreto permeable también se ha utilizado como pavimento en los pisos de efecto invernadero para evitar el agua estancada y eliminar el crecimiento de malezas mientras que proporciona una dura superficie duradera para equipos en movimiento.

También ha sido utilizado ampliamente para la construcción de canchas de tenis.

Se utiliza como pantallas acústicas en muros de edificios, para reducir ruidos procedentes de diferentes tipos de tráfico que para los ocupantes de un edificio puede ser problemático.

Pantallas acústicas y paredes interiores son construidas a veces para reducir el ruido. Su estructura de amplia graduación tiende a absorber y disipar el sonido en el material en lugar de reflejar a otro lugar.

CAPÍTULO 5.

VENTAJAS

CAPÍTULO 5. VENTAJAS.

Las ventajas del concreto permeable sobre los pavimentos convencionales de concreto son:

- Todas las superficies hechas con concreto permeable son 100% permeables.
- Los charcos desaparecen de inmediato ya que el material puede contener agua en su interior mientras ésta se infiltra al subsuelo, lo cual permite reducir o incluso eliminar los drenajes pluviales.
- No es más caro que otros pavimentos de concreto.
- Es compatible con otros materiales usados para pavimentos con el fin de que se logren superficies permeables al combinarlo con estos pisos.
- Permiten la recarga de los mantos acuíferos mediante la infiltración del agua.
- El control de la contaminación de aguas pluviales.
- Aumento de áreas de estacionamiento, eliminando la necesidad de áreas permeables.
- El control del escurrimiento de aguas pluviales.
- La reducción de deslizamiento sobre la superficie de los caminos y carreteras.
- Reducir el deslumbramiento en gran medida en las superficies del camino, sobre todo cuando está mojado de noche.
- Reducir el ruido de la interacción entre el neumático y el pavimento.
- Eliminar o reducir el tamaño de las alcantarillas.

Los ingenieros han especificado el concreto permeable en pavimentos como:

- Superficie de rodamiento.
- Base permeable y el borde de los desagües.
- Hombros.

El éxito de los sistemas de pavimento permeable ha tenido altibajos. En algunas áreas, los sistemas de pavimento de concreto permeable se han aplicado con éxito, mientras que en otros, se han obstruido en poco tiempo. Muchos fracasos pueden atribuirse a la inexperiencia del contratista, a la compactación más alta que la especificada y a la elección del sitio incorrecto.

Para que un pavimento de concreto permeable trabaje con éxito:

La permeabilidad de los suelos debe ser verificada.

Una tasa de filtración de 13mm/h, y una capa de suelo de 1,2m o más son generalmente recomendadas.

En la actualidad hay instalaciones de concreto permeable y otros materiales de pavimentación permeables. Estos pavimentos facilitan la infiltración y filtrado de el agua y la recarga de las aguas subterráneas, aunque no se infiltran toda el agua de lluvia en grandes tormentas.

El pavimento de concreto permeable no debe ser puesto en servicio hasta que todos los terrenos alterados que drena hayan sido estabilizados por la vegetación. La erosión de sedimentos y controles estrictos durante cualquier actividad de construcción o jardinería son esenciales para prevenir la obstrucción del sistema y debe ser incorporado en el plan de manejo de aguas pluviales del sitio de construcción.

El tráfico de la construcción (sobre todo vehículos) debe presentarse por fuera del área de pavimento permeable durante la construcción para evitar la compactación de las capas de suelo subyacente y la pérdida de la capacidad de filtración. El mantenimiento puede realizarse de forma regular.

CAPÍTULO 6.

PROCESO CONSTRUCTIVO

CAPITULO 6. PROCESO CONSTRUCTIVO.

6.1. CRITERIOS DE DISEÑO.

Se puede diseñar como un pavimento normal a través de los métodos de American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Portland Cement Association (PCA), American Concrete Institute (ACI) 325I, ACI 330R ó usando consideraciones derivadas del diseño de pavimentos flexibles.

ACI 325I: Prácticas recomendadas para diseño de pavimentos de concreto.

ACI 330R: Guía para diseño y construcción de estacionamientos de concreto

Independientemente del procedimiento a utilizar, se deben de considerar las propiedades y/o características de la subrasante y subbase además de las características de los materiales del concreto y las cargas debido al tráfico.

6.2. CONSIDERACIONES ANTES DEL COLADO.

6.2.1 Preparación de tramo

Durante la preparación del terreno para la colocación del concreto permeable, debe tenerse en consideración lo siguiente:

- El diseño de base del concreto permeable, normalmente arroja una subbase con espesores entre 15 y 30cm para formar un lecho permeable (El tamaño máximo de agregado debe de ser de 1 pulgada), o se puede considerar una subrasante de arena teniendo precaución de la cantidad de arcillas y limos que contenga.
- Cualquiera que sea el material que se utilice como base, este debe de ofrecer un módulo de reacción k que varíe entre los 150 a 175 pci, pero no exceder de 200 pci.
- Se deben tener consideraciones cuando la subrasante contiene cantidades significativas de limos de alta compresibilidad y arcillas expansivas. Se recomienda remover cualquier contenido de material orgánico el cual deberá de ser remplazado por arenas y gravas bien graduadas que permitan incrementar el módulo de reacción k.
- Cuando el concreto permeable se coloque directamente en un suelo arenoso o gravudo, se recomienda compactar la subrasante de un 92% a 96% de su densidad máxima de acuerdo a la norma de ensayos de compactación Proctor modificado (ASTM D1557).
- Cuando se presenten suelos limosos y arcillosos, el nivel de compactación dependerá de las especificaciones del diseño de pavimento y una capa de roca graduada abierta se colocará sobre el suelo.

- Se debe de corregir cualquier imperfección en la subrasante como baches y roderas del tráfico existente en la construcción. De ser necesario se debe de escarificar la zona afectada y re compactar.
- Humedecer la sub base (no sobresaturar) previa a la colocación para evitar que el concreto se ponga y seque muy rápido.

Tipo de Suelo	Soporte	Valor k psi/in ³	VSR [%]
Suelo fino donde la presencia de partículas de limo y arcilla predomina.	Bajo	75 a 120	2.5 a 3.5
Arenas y grava bien graduadas con moderada cantidad de arcilla.	Medio	130 a 170	4.5 a 7.5
Arenas y grava libre de finos.	Alto	180 a 220	8.5 a 12

6.2.2. Modulaci3n de juntas de contracci3n.

Antes del colado, se deber3 planear la ubicaci3n del corte de las juntas de contracci3n considerando ubicaci3n y forma de brocales de pozos de visita, alcantarillas, coladeras registros, cajas de v3lvulas y postes.

El corte de juntas de contracci3n sigue el mismo criterio que un pavimento normal.

El concreto poroso maneja relaciones agua - cemento bajas, por lo tanto, la contracci3n por secado se reduce significativamente y el espaciamiento entre juntas puede ser de hasta 40 veces el espesor del pavimento.

Colocar juntas de aislamiento en elementos ahogados: registros y postes.

Si no se coloca este material, se origina agrietamiento del pavimento por movimiento diferencial y/o por cambios de temperatura del elemento ahogado.

Corte de juntas de contracci3n.

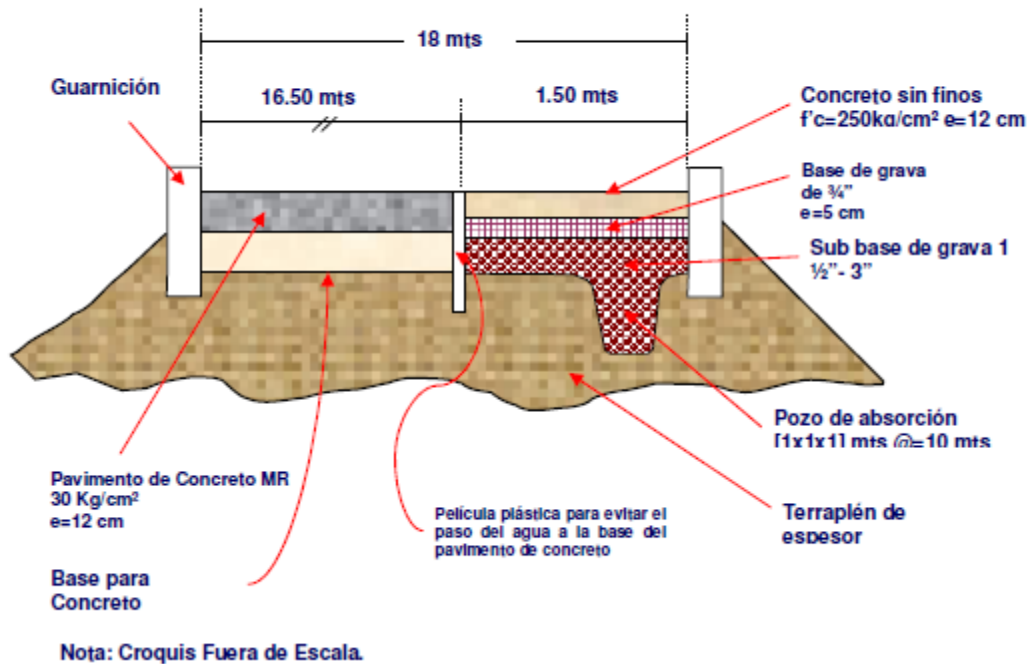
Esta operaci3n se puede realizar mediante la inserci3n de un fleje de PVC inmediatamente despu3s del enrase del concreto y previo a la compactaci3n superficial del concreto 3, mediante el corte con disco integrado a un rodillo de compactaci3n.

Se recomienda hacer el corte entre 30 a 60min posteriores al colado. Realizar esta actividad con retraso en tiempo, puede provocar desprendimientos del agregado.

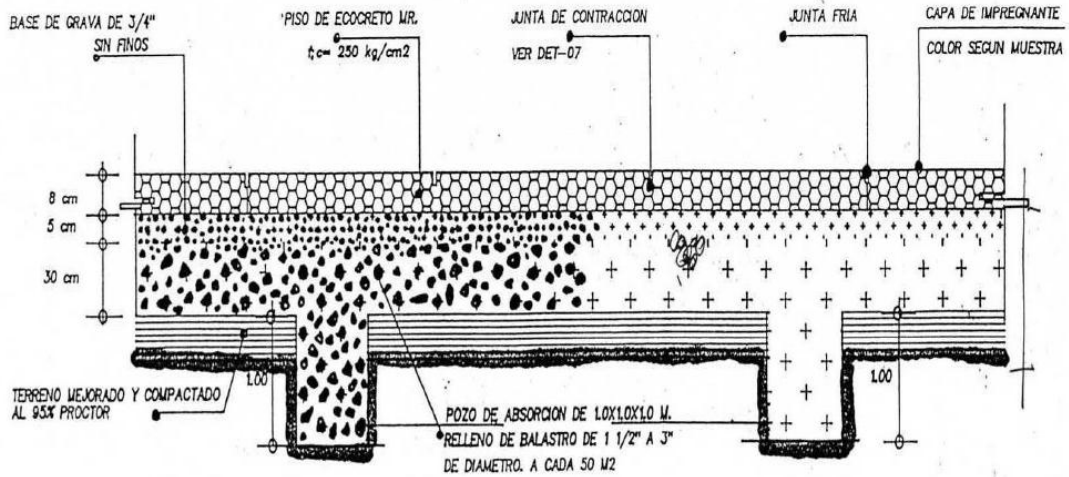
El corte también podrá ser realizado con disco de corte diamantado y el tiempo de ejecución de esta operación debe ser realizada entre 6 a 8 hrs posteriores al colado.

Ejemplo de preparación del terreno.

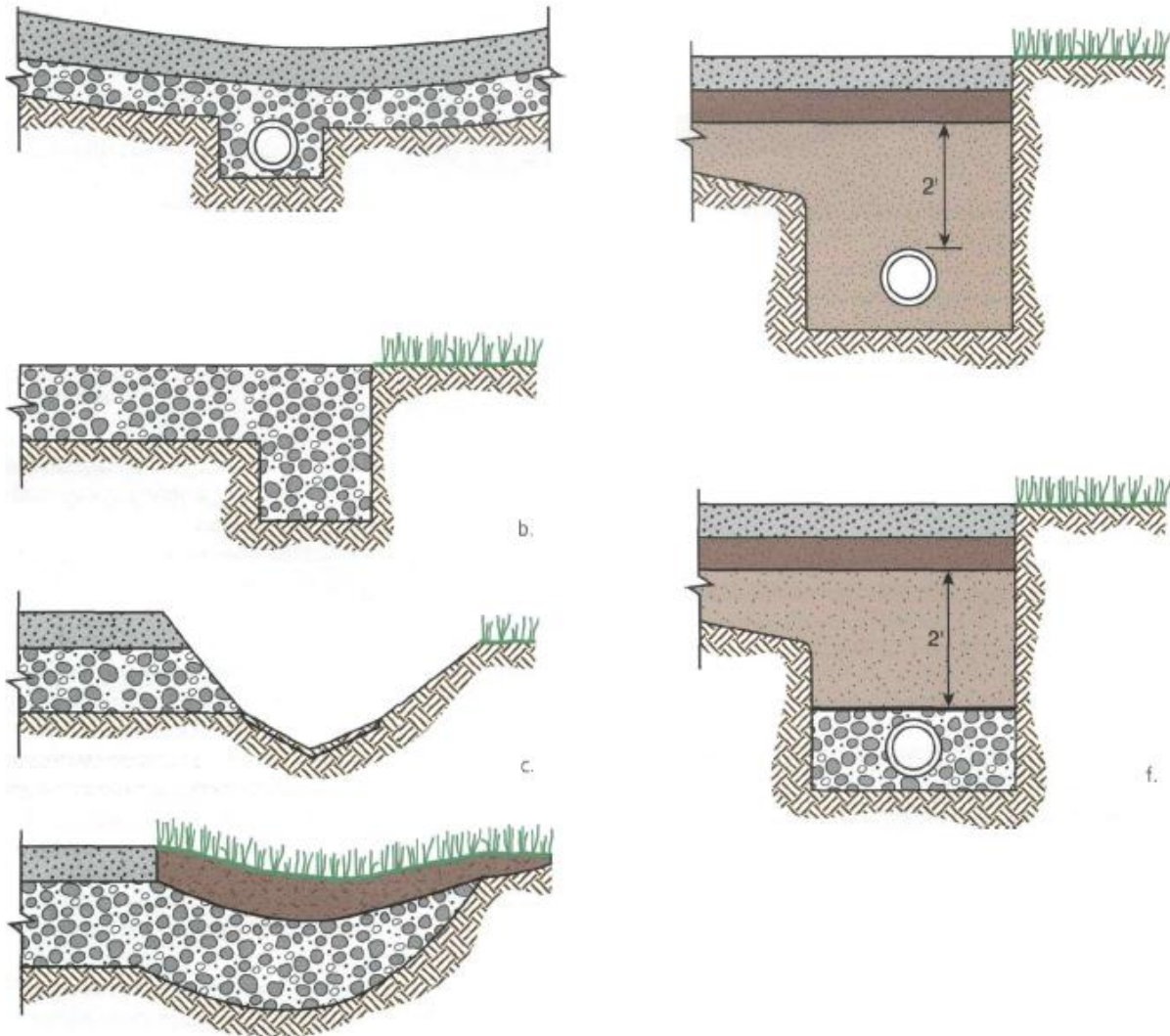
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO



Para que un concreto permeable sea eficiente, deberá ir acompañado de un sistema de captación de agua adecuado.



Secciones ilustrativas de la colocación del drenaje



6.3. CONSIDERACIONES DURANTE EL COLADO.

6.3.1 Equipo.

- Regla vibratoria
- Rodillo compactador o placa vibratoria.
- Rodillo para realizar cortes de contracción en verde
- Cortadora de 30 hp, con disco de corte diamantado (solo si no se cuenta con el rodillo de corte)

6.3.2. Herramienta y Consumibles.

- Cimbra fija
- Cimbra metálica de tipo monten calibre 10, soleras de refuerzo separadas @ 30 cm, peralte del monten igual al espesor de pavimento. La cimbra deberá tener barrenos a medio peralte del monten y separados a la dimensión especificada para las barras de amarre. La cantidad de tramos y su longitud dependerá del proyecto y programa de ejecución de obra.
- Azadón para concreto
- Se utilizaran para extender el material una vez que este haya sido descargado a la subbase.
- Rastrillo de jardinería
- El uso de rastrillos para jardinería se utilizara para romper grumos o bolas que se forman durante la descarga del concreto.
- Regla de aluminio
- Cuando las condiciones de trabajo no permita el uso de la regla vibratoria, se utilizara esta herramienta para enrasar.
- Pisón. Herramienta que se utilizara para compactar el concreto permeable cuando no se pueda utilizar el rodillo compactador.
- Grasa lubricante o aceite de transmisión. Se aplicara en la cimbra para su remoción una vez que se haya presentado su fraguado inicial, de la misma manera se utilizara capa antiadherente en barras pasa juntas.
- Estopa. Para la aplicación de engrasado o aceitado en cimbra y barras pasa juntas.
- Membrana de polietileno para curado. Membrana calibre 300, color blanco lechoso o transparente. Lienzos con el ancho igual al del pavimento colado + 1m y longitud 10 m. Los lienzos deben cubrir toda el área del tramo colado en cada jornada diaria.

Procedimiento:

A continuación se describe el proceso de colocación por medio de cimbra fija utilizando la regla vibratoria:

1. En el proceso de cimbrado, se debe considerar colocar sobre el patín de la cimbra un elemento como tablas de madera de 1 a 1.5cm que exceda el espesor de diseño del pavimento. Esto tiene por objeto realizar el enrase del concreto con un sobre-espesor que permitirá que con la compactación se obtenga el espesor de diseño.

2. Previo al tendido de concreto, se debe de humedecer la subbase.

3. El concreto se debe de distribuir de manera uniforme de tal manera que la cantidad que conformará el perfil del Concreto permeable no sea deficiente o excesivo.



4. Si el concreto presentara características con exceso de pasta o revenimiento, el material se debe de dejar reposar por un tiempo aproximado de 10 min.

5. El extendido del concreto a lo ancho de la losa se debe de realizar con azadones para concreto y rastrillos. Este último nos servirá para romper los grumos o bolas de concreto que se lleguen a formar durante el mezclado.

6. La nivelación únicamente con regla vibratoria o regla de aluminio (Dependiendo de la magnitud del área por cubrir o el acceso limitado al área de trabajo).

7. La compactación se realizará con un Rodillo de acero con un peso superior a los 200 kg, con el fin de compactar adecuadamente el concreto y darle un acabado superficial homogéneo. Esto se debe de aplicar inmediatamente después del paso de la regla vibratoria con el fin de fortalecer el enlace entre la pasta y el agregado además de dejar una superficie suave. Otra forma de realizar la compactación es usando placa vibratoria.

8. Los cortes se pueden hacer inmediatamente después del paso del rodillo compactador.



10. El proceso de vaciado, acomodo, compactación y cortes de juntas, debe realizarse en menos de una hora, esto debido a que si se llega a secar el concreto la adherencia del agregado en superficie puede ser débil, lo que provocará desprendimientos a futuro.



6.3.3. RECOMENDACIONES.

Debe procurarse colarse en horarios de baja incidencia solar, para evitar pérdida de trabajabilidad y facilitar el proceso constructivo del producto.

Para lograr un mezclado eficiente, sin segregación y para evitar que parte de la pasta se adhiera a la olla usar solo 4 m³ de concreto permeable en cada viaje.

Deberá ser tiro directo.

Después de esto curar inmediatamente no usar agua directamente, preferente plásticos de color blanco. Se puede rociar con agua después de 24 horas de curado.

Al momento de la compactación del material, se debe evitar una presión excesiva la cual puede causar que los vacíos formados dentro de la estructura de la losa se colapsen.

En áreas chicas en las cuales no sea posible emplear el equipo recomendado, el procedimiento es el siguiente:



- Previo al tendido de concreto, se debe de humedecer la base.
- El concreto se debe de distribuir de manera uniforme de tal manera que la cantidad de concreto poroso no sea deficiente y excesivo.
- La nivelación será de manera manual con regla de aluminio.



- Y la compactación es primero con un pisón y posteriormente se emplea una placa vibratoria.



- Los cortes se pueden hacer inmediatamente después del paso del rodillo compactador.
- El curado debe de empezar a los 20 minutos de haberse colocado el concreto. Se recomienda colocar membrana de polietileno y mantener el curado por al menos 3 días de haberse colocado y garantizar la buena adherencia entre los agregados.

6.3.4. CONSIDERACIONES DESPUÉS DEL COLADO

6.3.4.1. Inspección

Durante el colado deberá verificarse que no exista una segregación de la pasta.

Un criterio de aceptación es el peso volumétrico alrededor de 1,600 – 2,000 kg/m³. La prueba de revenimiento y contenido de aire no son aplicables como criterios de aceptación.

La resistencia a compresión es un grado directo de la compactación, por lo que se recomienda que después de 7 días se extraigan núcleos, con los cuales se pueda medir la resistencia a compresión, filtración y peso volumétrico.

6.3.4.2. Mantenimiento

Respecto a la preparación de la estructura, deberán colocarse barreras que impidan el flujo de materiales sólidos a la estructura del concreto permeable, lo cual puede provocar erosión y taponamientos de los poros.

Emplear una aspiradora de succión, para retirar las partículas finas que se depositen sobre la superficie, este podrá llevarse a cabo de manera anual.

Otro método de limpieza recomendado es el empleo de agua a presión para limpiar la superficie del concreto.

6.3.4.3. Protección superficial

Si se especificara el uso de Concreto permeable con color integrado, se recomienda el uso de selladores como Sika-Uretano 800, Degusa-Kure N Seal 30 con el objeto de mantener y dar una protección al color del Concreto permeable, así como evitar desprendimiento de material en la superficie ocasionado por el rodamiento de vehículos, estos productos deberán ser aplicados con brochas o rodillos.

Nota: El uso de estos compuestos no afecta la capacidad de filtración del concreto permeable.

CAPÍTULO 7.

CONCLUSIONES.

CONCLUSIONES.

Debido al agotamiento de los mantos acuíferos, tal vez el mayor problema al cual se están enfrentando nuestras autoridades en varias ciudades de la República Mexicana y en otros países del mundo, por lo que el uso de un pavimento permeable ayudaría en mucho a mantener el medio ambiente en el que vivimos, ya que permite la recuperación de agua de lluvia a los mantos acuíferos que son las fuentes naturales de suministro de agua de las ciudades.

Por ejemplo, en su caso, la ciudad de México y de Guadalajara obtienen el 75% del agua potable de los mantos acuíferos.

Si se lograran recargar los mantos acuíferos mediante el uso de pavimentos permeables, se podrían reducir los costos de extracción de agua, que en nuestros días suelen ser muy elevados, debido a que en algunos lugares, el agua se tiene que extraer de pozos muy profundos.

Cabe mencionar que este concreto no ha tenido el éxito esperado, ya que existen empresas que lo elaboran, pero no han tenido la demanda que ellos esperaban debido a la poca resistencia ante cargas de consideración.

Este trabajo trata de plasmar los puntos principales relacionados con el concreto permeable, tal vez parezca muy somera la información, pero se realizó una búsqueda exhaustiva para encontrar esta información, ya que no se ha realizado tanta investigación de este tema, debido a que no fue un material con el éxito que se esperaba.

¡¡Gracias!!

BIBLIOGRAFÍA.

BIBLIOGRAFÍA.

- Pervious concrete, ACI 522R Report, ACI International.
- NRMCA, Freeze-Thaw Resistance of Pervious Concrete, National Ready Mixed Concrete Association, Silver Spring, Maryland, May 2004, 17 pages.
- Structural Design Consideration for pervious pavement; National Ready Mixed Concrete Association; <http://www.nrmca.org>; 2008
- Concrete in practice, What, why & how?; CIP 38- Pervious Concrete; <http://www.nrmca.org>; 2004
- Concrete Thecnology Today; Pervious Concrete Pavement; a Win Win System; August 2003;
- Portland Cement Association (PCA); [http:// www.cement.org](http://www.cement.org)
- CEMEX, centro de tecnología, cemento y concreto, concreto sin finos.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).
- American Society for Testing Materials (ASTM).
- American Concrete Institute (ACI).