

ANALYSIS OF RESISTANCE TO COMPRESSION AND STANDARDS IN AIR CONTENT IN CONCRETE PERMEABLE URBAN

Galvan, L.¹; De La Cruz Romero, M. A.¹; Soto, J.¹; Rodriguez, F.²

¹ Universidad Autónoma de Coahuila, ² Universidad Politécnica de Madrid

The concrete is a fairly resistant building material, which is worked in its plastic form, so it can take almost any form. This material consists essentially of water, cement, coarse and fine aggregates, air and then they add a fourth ingredient called additive as needed labor. We comment first on the regulations of the main properties of concrete: workability, cohesiveness, strength, durability and impermeability, by showing what is the behavior when applied to a pervious concrete open structure with zero slump that must comply with regulations ACI-522R. Displaying general expressions associated with these tests. We discuss the characteristics of the materials proportioning in hot climates to facilitate the delivery, placement and prolong the mixing fresh condition and behavior of the resistance to compression, in order to use this infrastructure permeable concrete urban and thus contributing to the recharge of aquifers and improving the environment. This research is conducted by the faculty of the UAdeC building, linked to the achievement of the department network of UPM projects and CONACYT.

Keywords: *Urban; Equipment; Pervious; Concrete; Properties; Mixtures*

ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y LOS ESTÁNDARES EN CONTENIDO DE AIRE PARA CONCRETO PERMEABLE EN EQUIPAMIENTO URBANO

El concreto (hormigón) es un material de construcción bastante resistente, que se trabaja en su forma plástica, por lo que puede adoptar casi cualquier forma. Este material está constituido, básicamente de agua, cemento, agregados gruesos y finos, aire y posteriormente se les agrega un cuarto ingrediente denominado aditivo según las necesidades de trabajo. Se comenta en primer lugar, sobre las normativas de las propiedades principales del concreto: trabajabilidad, cohesividad, resistencia, durabilidad e impermeabilidad, haciendo ver cuál es el comportamiento cuando se aplican a un concreto permeable de estructura abierta con revenimiento cero que debe cumplir la normativa ACI-522R. Se muestran las expresiones generales asociadas a estas pruebas. Se comentan, las características de los proporcionamientos de los materiales en climas calurosos para facilitar la entrega, colocación y prolongar la condición fresca de la mezcla y el comportamiento de la resistencia a la compresión, con el fin de poder utilizar este concreto permeable en la infraestructura urbana y así poder contribuir a la recarga de mantos acuíferos y al mejoramiento del entorno ambiental. Esta investigación se realiza por el cuerpo académico de construcción de la UAdeC, vinculado a la red LOGRO de la cátedra de proyectos de la UPM y Conacyt.

Palabras clave: *Equipamiento urbano; Concreto Permeable; Propiedades; Mezclas*

1. Introducción

El concreto (hormigón) permeable de granulometría discontinua, consiste principalmente en cemento portland, agregado grueso de tamaño uniforme y agua. Esta combinación forma una aglomeración de agregados gruesos rodeados por una capa delgada de pasta de cemento endurecida en sus puntos de contacto. Esta mezcla produce grandes huecos entre el agregado grueso, que permite que el agua se filtre en una cantidad mucho más alta que en el concreto convencional. El concreto permeable tiene poco o nada de agregado fino en la mezcla. Este contiene grandes porcentajes de huecos conectados entre sí, que permite el paso rápido del agua a través de la masa de concreto.

Las propiedades de resistencia del concreto permeable dependen del contenido del material cementante, la relación agua-material cementante (A/C), el nivel de compactación, la granulometría y calidad del agregado. Aunque por más de 20 años se ha utilizado concreto permeable para pavimentar en los Estados Unidos, sólo se han llevado a cabo algunas investigaciones para determinar las propiedades de resistencia (Ghafoori, 1995). Estas investigaciones se han basado principalmente en pruebas de laboratorio ASTM obteniéndose resultados con muestras limitadas en proyectos de construcción.

El análisis de Resistencia a la Compresión se mide a través del ensaye de probetas cilíndricas de concreto con una relación $h/b= 2$ en una máquina de ensaye a la compresión, por lo tanto, la resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida entre el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en megapascales (MPa) en unidades del SI (Sistema Internacional).(Manual del Ingeniero Civil, 1992)

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

El contenido total de material cementante de una mezcla de concreto permeable es importante para el desarrollo de la resistencia a compresión y la estructura de huecos, un alto contenido de pasta dará como resultado una estructura de huecos llena y, consecuentemente, porosidad reducida. Un contenido insuficiente de material cementante puede dar como resultado una capa reducida de pasta envolviendo al agregado y resistencia a compresión reducida. El contenido óptimo de material cementante depende grandemente del tamaño y granulometría del agregado. (IMCYC 2008).

El análisis de Revenimiento del Concreto se mide de acuerdo a la norma ASTM C-143 adoptada por la norma mexicana NMX-C-156 enunciada como "Revenimiento en el concreto fresco- Método de prueba".

El revenimiento en general para concreto permeable, es cero; se usan valores de agregado en el rango de 20 a 50 mm. La prueba de revenimiento que se realiza de acuerdo con la ASTM C143 no es una prueba que se considera para fines de control de calidad, como en el caso del concreto convencional, sólo se considera como un

valor de referencia, debido principalmente a que la mezcla es demasiado rígida y la medición del revenimiento en la mayoría de los casos no es aplicable.

El American Concrete Institute (ACI) recomienda revenimientos mostrados en la Tabla 1 para un muestreo aplicando la siguiente consideración: el revenimiento máximo se puede aumentar en 2 cm si el concreto no se consolida con vibrador. Así mismo se incluye la recomendación para el concreto permeable.

Tabla 1. Revenimiento Recomendado en Diversas Obras de Concreto

Tipo de Construcción	Revenimiento Máximo	Revenimiento Mínimo
Concreto reforzado en muros y zapatas	8	2
Concreto en zapatas simples y muros de cimentación	8	2
Muros y vigas de concreto reforzado	10	2
Columnas para edificios	10	2
Losas y pavimentos	8	2
Concreto masivo	5	2
Concreto permeable	2	0

El contenido de huecos de aire/peso volumétrico se calcula como un porcentaje de aire por el método gravimétrico (ASTM C 138), y está relacionado directamente con el peso volumétrico de una mezcla dada de concreto permeable. El contenido de huecos de aire depende en gran medida de varios factores: granulometría del agregado, contenido de material cementante, A/C, y la energía de compactación.

La energía de compactación tiene una influencia en el contenido de huecos de aire (y el peso volumétrico correspondiente), de una mezcla dada de concreto permeable. Una de las características más importantes del concreto permeable es su capacidad para filtrar el agua a través de la mezcla. La capacidad de filtración de concreto permeable está directamente relacionada con el contenido de huecos de aire. (Instituto del Concreto ASOCRETO, 1997)

Puesto que la capacidad de filtración se incrementa a medida que aumenta el contenido de huecos de aire y consecuentemente, disminuye la resistencia a la compresión, el reto en el proporcionamiento de una mezcla de concreto permeable consiste en lograr un equilibrio entre una capacidad de filtración y resistencia a la compresión aceptable.

El equipamiento Urbano hecho con concreto permeable pueden influir en:

- Absorción de las aguas pluviales, las cuales son depositadas en las capas inferiores
- Disminución de infraestructura pluvial de las grandes superficies de servicio. Eliminando la necesidad de áreas de contención de agua
- Conducción de los escurrimientos de aguas pluviales
- Diseño de la infraestructura del drenaje pluvial
- Irrigación de áreas aledañas

Tabla 2. Características del Concreto Permeable aplicado al Equipamiento Urbano

Usos	Objetivo	Referencia	Riesgos	Ventajas	Especificaciones
Pavimentos	Eliminación de alcantarillas para tormentas	ACI 522R	Erosión y arrastre de finos en la infraestructura	Reducción del volumen de escurrimiento	Espesor de 5 a 10 pulgadas
Superficies de servicios	Filtración del agua	ACI 522R	Saturación de suelos	Reducción de acumulación de nieve y hielo	Espesor de 5 a 10 pulgadas
Carreteras: como base drenante, material de subbase, capa de rodadura y/o fricción	Drenaje del pavimento y reducción del ruido	Maynard 1970	Pérdida de la resistencia de la cimentación (compactación)	Reducción de ruidos por la capa de rodamiento	Espesor de 6 a 10 pulgadas
Infraestructura: Bases permeables y drenes laterales	Reducir el bombeo del material de la subrasante	Mathis 1990	Hundimientos y desplazamientos de las capas del pavimento	Reducción en la falla del pavimento	Resistencia 1000 psi (7 MPa) o menos
Drenes	Alivian las subpresiones y permiten que el agua freática sea drenada	ACI 522R	Asentamiento del suelo por filtración del agua y formación de cavidades	Desalojo de aguas por drenes en los servicios de agua y electricidad	

2. Objetivo

El objetivo de esta investigación es medir la resistencia a la compresión del concreto permeable considerando el proporcionamiento de las mezclas iniciales a través de la relación agua cemento A/C y el esfuerzo de compactación durante la colocación considerando niveles de energía, que varían de 105 a 120 lb/pie³ (1,680 a 1,920 kg/m³), y relacionar estos resultados con el revenimiento (de 0 a 2 cm), así como, con el contenido de huecos de aire/peso volumétrico y la capacidad de filtración de una mezcla según el ACI 522 R y el IMCYC 2008, con el fin de poder utilizar este concreto permeable en la infraestructura urbana y contribuir a un manejo eficiente del recurso agua y al mejoramiento del entorno ambiental.

3. Metodología

El concreto permeable consiste en cemento portland, agregado grueso de tamaño uniforme, y agua.

Las granulometrías del agregado usado en el concreto permeable típicamente son, ya sea de agregado grueso o de un solo tamaño o granulometría de entre 3/4 y 3/8 de pulgada (1 y 9.5 mm). Los agregados redondeados y triturados, tanto los normales como los de peso ligero, son usados para hacer concreto permeable y así satisfacer los requisitos de ASTM D 448 y C33. Técnicamente, los agregados finos no deben ser utilizados en mezclas de concreto permeable, ya que ellos tienden a comprometer la capacidad de conexión del sistema de poros.

El cemento portland como material cementante satisface las normas ASTM C 150, C 595, o C 989, y C 1157, se usa como aglomerante principal.

La calidad de agua para el concreto permeable está normada por los mismos requisitos que para el concreto convencional. El concreto permeable es proporcionado con una relación de agua-cemento relativamente baja (0.30 a 0.45), ya que una cantidad excesiva de agua conducirá a drenar la pasta y al atascamiento del sistema de poros. La adición de agua, por lo tanto, tiene que ser vigilada cuidadosamente en el campo.

Los aditivos deben satisfacer los requisitos de ASTM C494. Los aditivos reductores de agua se usan dependiendo de la relación A/C. los aditivos retardadores se usan para estabilizar y controlar la hidratación del cemento. Con frecuencia se prefieren los aditivos retardadores cuando se está tratando con mezclas rígidas, tales como concreto permeable, especialmente en aplicaciones en clima cálido. Los aditivos retardadores pueden actuar como lubricantes para ayudar a descargar el concreto desde una mezcladora, y pueden mejorar el manejo y las características de desempeño en el lugar. Los aceleradores pueden ser usados cuando se están colocando concreto permeable en clima frío.

Para el concreto permeable, el factor de cemento (relación agregado-cemento) y la A/C son las variables más importantes que afectan las características mecánicas. Los aditivos químicos, además de afectar la A/C, se usan para influir en la trabajabilidad y los tiempos de fraguado, para mejorar varias características del concreto permeable y la durabilidad a largo plazo.

En el caso del concreto permeable, el contenido óptimo de agua produce una pasta de cemento muy húmeda con una alta viscosidad. Esta mezcla tendrá la apariencia o el brillo de un metal mojado o brillante. La pasta de cemento de esta mezcla óptima creará una adherencia suficiente entre las partículas del agregado sin escurrir hacia abajo a través de la red de poros y cerrando la estructura de huecos deseada.

La definición del A/C óptima depende principalmente de las características de granulometría y físicas de los agregados gruesos y del contenido de material cementantes de la mezcla. Para el concreto permeable, el A/C para obtener la trabajabilidad necesaria usualmente cae dentro de 0.30 a 0.45.

La trabajabilidad del concreto permeable es satisfactoria si se usa suficiente agua de mezclado para lograr una apariencia de un metal mojado a la mezcla. Al comprimir y soltar un puñado de la mezcla, se deberá tener como resultado una mezcla que no se desmorona, ni presenta huecos, y no debe fluir la pasta de cemento separándose de las partículas del agregado. La consistencia correcta usualmente se obtiene a través de un proceso de prueba e inspección, lo que asegura que cada mezcla contenga la pasta de cemento suficiente para cubrir las partículas gruesas con una delgada capa brillante, dándole un resplandor metálico.

La colocación del concreto permeable necesita ser completada tan rápidamente como sea posible. El tiempo en que se permita que el material fresco esté expuesto a los elementos es un tiempo en el que se está perdiendo el agua necesaria para el curado. El secado de la pasta de cemento puede llevar a una falla por desmoronamiento en los bordes de la superficie del pavimento. Todas las operaciones y el equipo de colocación deben ser diseñados y seleccionados teniendo esto en mente, y programadas para la colocación rápida y el curado inmediato del pavimento.

Cimbras: pueden ser hechas de madera, plástico, o acero, y deben tener el mismo espesor del pavimento las cimbras deben de ser lo suficientemente fuertes y estables para soportar el equipo mecánico. Todas las cimbras deben ser limpiadas y aceitadas según sea necesario.

Colocación del concreto: el concreto debe ser depositado tan cerca de su nivel final como sea práctico. Esto se logra con la descarga directa de la canaleta del camión mezclador directamente en la subrasante. Puesto que las mezclas de concreto permeable son ásperas (cero revenimiento) no se recomienda el bombeo. Después de depositar el concreto, debe ser cortado a una elevación aproximada con un rastrillo o con una herramienta manual similar.

El concreto permeable a lo largo de las cimbras debe de ser compactado por apisonamiento manual para asegurar que las orillas mantengan la integridad estructural después de que las cimbras sean removidas y el concreto sea puesto en servicio.

Tiras niveladoras: deben de ser colocadas en la parte superior de las cimbras para el enrase inicial.

Equipo de enrasado: para trabajos pequeños, tales como caminos particulares, o para áreas estrechas, es aceptable el uso de reglas rectas manuales o bailarinas. Para trabajos más grandes, se recomienda el uso de enrasadora vibratoria de marco con sección tipo "A". Es importante enrasar el concreto tan rápidamente como sea posible, por ello no se recomienda el trabajo manual debido a la insuficiente velocidad.

Compactación: inmediatamente después de enrasarse, se remueven las primeras tiras elevadoras en cada cimbra y el concreto es compactado a nivel de la cimbra con un rodillo pesado. El rodillo se usa para compactar el concreto, a fin de crear una fuerte adherencia de la pasta de cemento entre las partículas del agregado y para lograr una lisura de la superficie. En áreas en donde la calidad de rodamiento sea un requisito especial, el pavimento debe ser rodillado en cruz para emparejar cualesquiera desviaciones verticales en la superficie.

Juntas: las juntas de contracción deben de ser construidas tal como se indique el diseño de los planos. Debe tener una profundidad de 1/3 a 1/4 del espesor del pavimento. Las juntas pueden ser construidas en el concreto fresco, con herramientas adecuadas o una sierra cortadora, después de que el concreto se haya endurecido.

Curado: la estructura porosa del concreto permeable hace que el curado sea particularmente importante, ya que el secado puede ocurrir más rápidamente. El material de recubrimiento debe ser una hoja de polietileno claro de 0.15 mm o más grueso, en la dimensión suficiente para que pueda cubrir el ancho completo de un carril a lo largo de una distancia razonable. El curado debe de empezar a los 20 minutos después de las operaciones finales de compactación.

Para el curado apropiado el concreto debe permanecer cubierto durante 7 días para mezclas de concreto simple.

Protección en clima frío: deben tomarse las medidas apropiadas en clima frío para proteger al concreto permeable contra el congelamiento, al mismo tiempo que se mantiene la humedad por el tiempo necesario para lograr las propiedades físicas deseadas.

Protección en clima caliente: la transportación, la colocación y la compactación deben hacerse tan rápidamente como sea posible. Puede aplicarse un retardador de evaporación a la superficie del concreto después del proceso de enrasado para retardar la pérdida de humedad en la superficie. Después de la compactación y antes de la colocación del polietileno, la superficie debe ser mojada ligeramente por un retardador de evaporación cuando la superficie parezca estar perdiendo su apariencia brillante.

La resistencia a la compresión se mide ensayando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión. La resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en unidades de libra-fuerza por pulgada cuadrada (psi) en unidades corrientes utilizadas en EEUU o en megapascales (MPa) en unidades Sistema Inglés. Los requerimientos para la resistencia a la compresión pueden variar desde 2.500 psi (17 MPa) para concreto residencial hasta 4.000 psi (28 MPa) y más para estructuras comerciales. Para determinadas aplicaciones se especifican resistencia superiores hasta de 10.000 psi (70 MPa) y más. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C, 1993).

Los resultados de las pruebas de resistencia de compresión son utilizadas para determinar que la mezcla de concreto cumpla con los requerimientos f'c.

Los cilindros que se someten a ensayo de aceptación se elaboran siguiendo los procedimientos descritos en la norma ASTM C31, ésta fórmula el procedimiento para las pruebas de curado en campo.

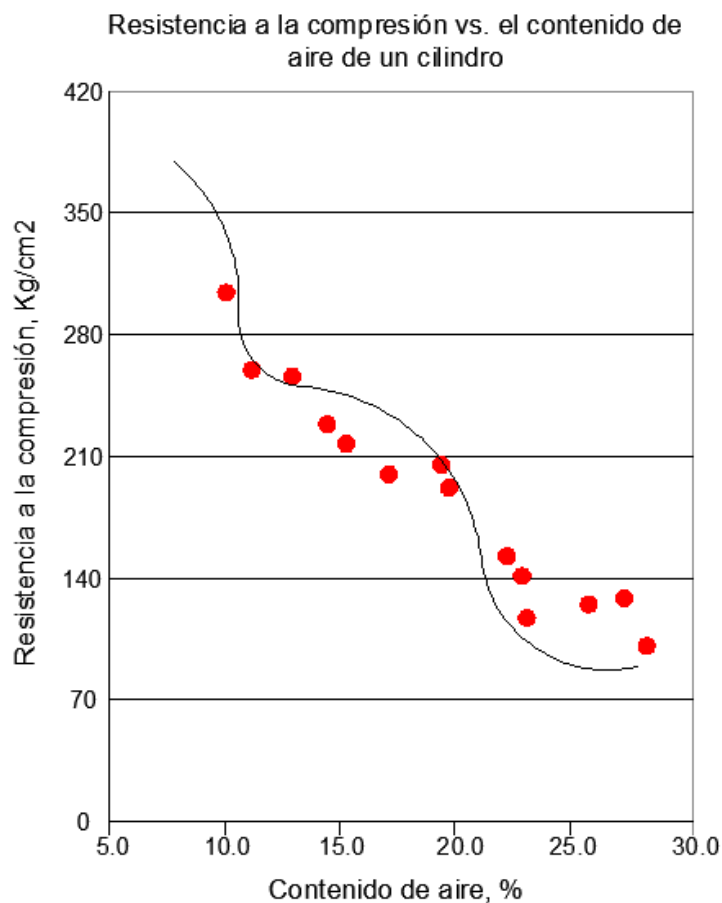
Un resultado de prueba es el promedio de por lo menos 2 pruebas de resistencia curadas de manera estándar o convencional elaboradas con la misma muestra de concreto y sometidas a ensayo a la misma edad. La resistencia para el concreto se realiza a los 28 días.

Las probetas cilíndricas para pruebas de aceptación deben de tener un tamaño de 6 x 12 pulgadas ó 4 x 8 pulgadas. El diámetro del cilindro utilizado debe ser como mínimo 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso que se utilice.

Los cilindros se tapan con un mortero de azufre (ASTM C 617) o con tapas de almohadillas de neopreno (ASTM C 1231). Los cilindros no se deben de secar antes de la prueba. Los cilindros se colocan al centro de la máquina de ensayo de compresión y cargados hasta completar la ruptura. El régimen de carga con máquina hidráulica se debe mantener en un rango de 20 a 50 psi/s durante la última mitad de la fase de carga. Se debe anotar el tipo de ruptura. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C, 1992)

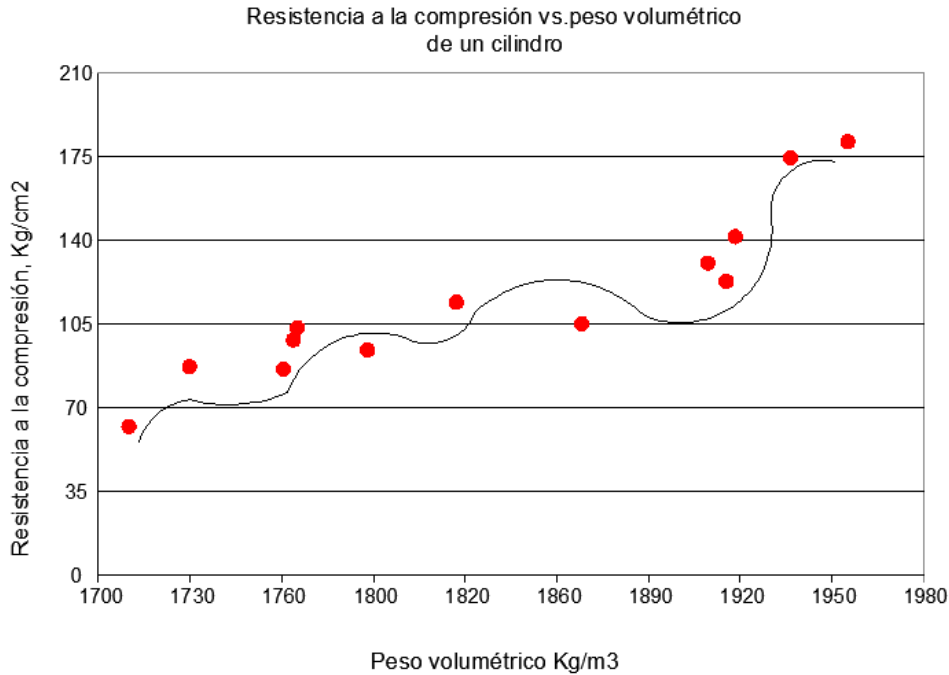
La resistencia a la compresión del concreto permeable se ve afectada fuertemente por la proporción de la matriz y el esfuerzo de compactación durante la colocación. La figura 1 muestra la relación entre la resistencia a compresión del concreto permeable y el contenido de vacíos. Los resultados mostrados a continuación se basan en una serie de pruebas realizadas en el laboratorio de acuerdo a las propuestas de Meinifer en 1988 y Mulligan 2005 para los cuales se usaron dos tamaños de agregado grueso y se, variaron el esfuerzo de compactación y la granulometría del agregado. En esta tabla se muestra que son posibles resistencias a compresión relativamente altas de las mezclas de concreto permeable. (Manual de Tecnología del Concreto, 1997).

Figura 1. Relación entre el contenido de aire y la resistencia a compresión para el concreto permeable.



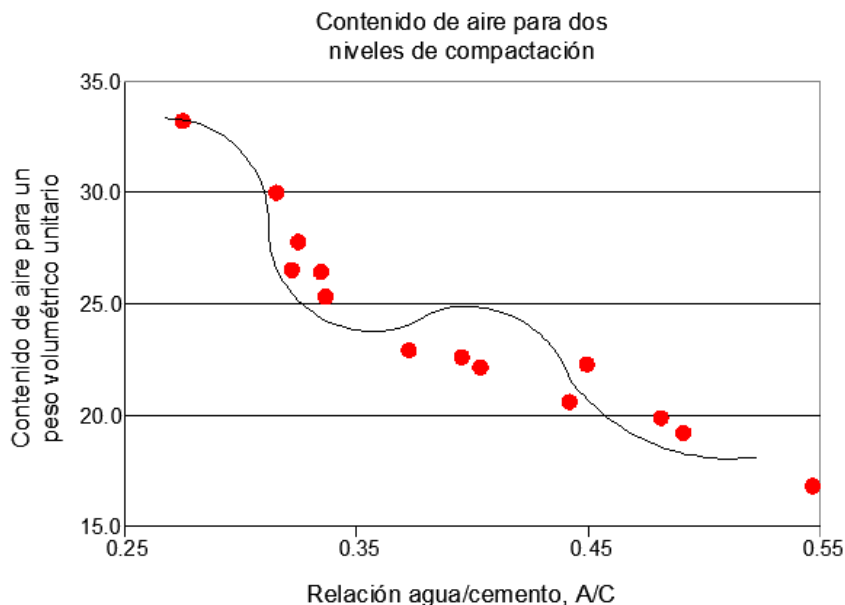
La figura 2 muestra una relación entre la resistencia a compresión del concreto permeable y el peso volumétrico. La figura se basa en otras series de pruebas de laboratorio en donde se usó un tamaño de agregado grueso y se variaron el esfuerzo de compactación y la relación de agregado-cemento.

Figura 2. Relación entre el peso volumétrico y la resistencia a la compresión para el concreto permeable.



La figura 3 muestra la relación entre la A/C y el contenido de huecos de aire de una mezcla de concreto permeable (con un contenido de cemento y agregado constante) a dos diferentes niveles de compactación. La experiencia ha mostrado que una A/C de 0.30 a 0.45 proporciona un buen cubrimiento del agregado y estabilidad de la pasta.

Figura 3. Relación entre el contenido de aire y la energía de compactación para el concreto permeable

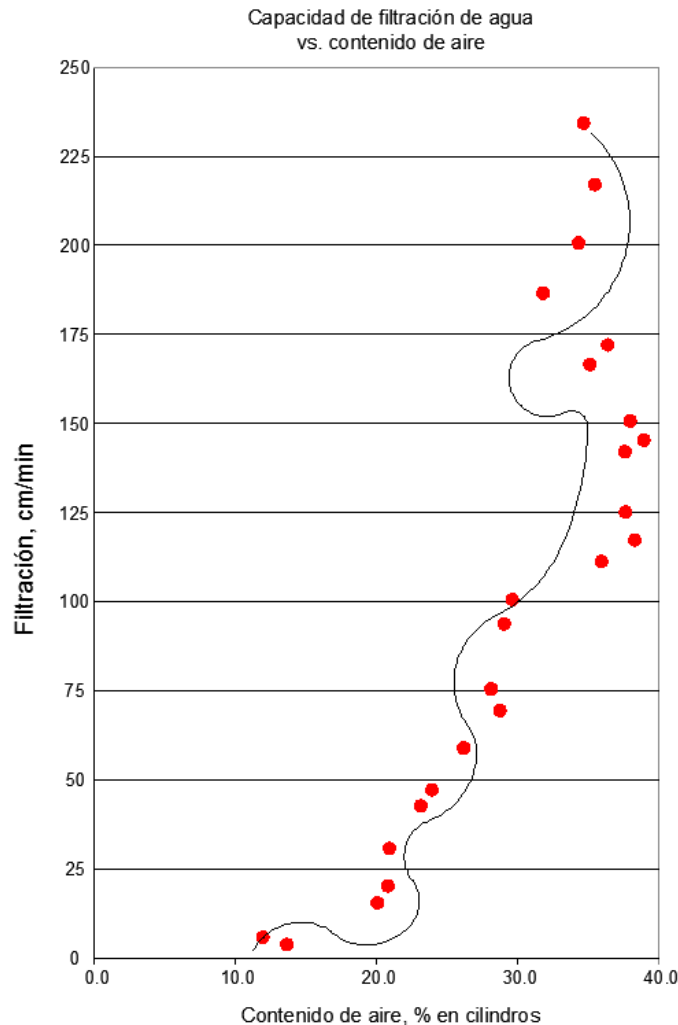


El contenido de huecos de aire se calcula como un porcentaje de aire por el método gravimétrico (ASTM C 138), y está relacionado directamente con el peso volumétrico de una mezcla dada de concreto permeable. El contenido de huecos de aire depende de la granulometría del agregado, el contenido de material cementante, A/C y la energía de la compactación.

En una serie de pruebas de laboratorio una sola mezcla de concreto permeable, compactada con 8 diferentes niveles de energía, produjo valores de peso volumétrico que variaban de 105 a 120 lb/pie³. La figura 2 se muestra que esta variación de los pesos volumétricos puede tener un efecto importante en la resistencia a la compresión del concreto permeable. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., 1999).

Una de las características más importantes del concreto permeable es su capacidad para filtrar el agua a través de la muestra. La capacidad de filtración del concreto permeable está directamente relacionada con el contenido de huecos de aire. Las pruebas han demostrado que se requiere un contenido mínimo de huecos de aire aproximadamente 15% para lograr una filtración significativa. La figura 4 muestra la relación entre el contenido de huecos de aire y la capacidad de filtración de la mezcla de concreto permeable. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. ACI 522 R-06, 2006).

Figura 4. Relación entre el contenido de aire y la filtración para el concreto permeable



4. Conclusiones

Los resultados obtenidos en este resumen indican que el concreto permeable es un material cuya resistencia y permeabilidad dependen de la influencia de ciertas variables.

Para el diseño de las mezclas se recomienda utilizar el método ACI 522R-06, y tener criterio para obtener una mezcla trabajable, cohesiva y lograr una resistencia adecuada.

Para un adecuado colado, la secuencia se recomienda sea el siguiente: primero vaciaren la mezcladora una pequeña cantidad de agua, seguido el agregado grueso, agregado fino poco o nada, para finalmente el aditivo.

Para el proceso de elaboración del colado, el agua se debe añadir en forma gradual debido a que una cantidad insuficiente de agua resultará una mezcla inconsistente por ende una baja resistencia, y una cantidad excesiva de agua generará una pasta que sellará los vacíos y disminuirá la cantidad de aire en la mezcla.

Debido a las características de la mezcla de concreto, pueden no ser apropiados los métodos de prueba estandarizados para el control de peso volumétrico, la relación de huecos, rendimiento, filtración y otras propiedades de los pavimentos de concreto permeable. Mientras no se tengan nuevos métodos de prueba que estén completamente desarrollados, las especificaciones del proyecto deben estar basadas en proporciones de mezclas específicas para concreto permeable. Las especificaciones típicamente requieren contenidos mínimos de cementantes, volúmenes de agregado y granulometría, aditivos y agua.

Las pruebas de la mezcla deben de realizarse de acuerdo con el ASTM C 172 y C 29. La aceptación debe ser sobre un valor de ± 5 lb/ft³ (80 kg/m³) del peso volumétrico de diseño.

El trabajo experimental de las pruebas determinó que una estructura que consiste en una capa superficial de rodadura y una capa de base de concreto permeable con diferente granulometría de agregado, alcanza una resistencia a compresión de 7200 psi. Se necesita mayor investigación para confirmar que las ganancias de resistencia a 28 días en el rango de 4300 a 7200 psi pueden alcanzarse con seguridad para aplicaciones de producción.

El estudio realizado no es definitivo sino trata de ayudarnos como ingenieros a comprender mejor el concepto del concreto poroso así como, conocer sus beneficios y limitaciones

En las figura 1, 2, 3 y 4 los resultados obtenidos son en base de las pruebas realizadas en el laboratorio, de acuerdo con la normativa ACI 522R-06. Las pruebas han mostrado que una A/C de 0.30 a 0.45 proporciona un buen cubrimiento del agregado y manejabilidad de la pasta, también que las variaciones de los pesos volumétricos pueden tener un efecto importante en la resistencia a la compresión del concreto permeable y que la capacidad de filtración depende de la cantidad de huecos de aire en la mezcla.

5. Referencias

- Instituto del Concreto ASOCRETO, (1ra. edición 1997). *“Tecnología y propiedades”*. Ing. Jaime Gómez Lurado Sarria.
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. (primera edición 1992) *“Diseño y control de mezclas de concreto”* Steven H. Kosmatka y William C. Panarese.
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. (1993). *“Proporcionamiento de Mezclas”*. Reporte ACI 211.1-91,
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. (1999). *“Tecnología del Concreto”*, Adam M. Neville, Ed.
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. (2006). ACI 522 R-06. “Concreto Permeable”. American Concrete Institute.
- Manual de Tecnología del Concreto (1997). *“Características del concreto permeable”*. Comisión Federal de Electricidad, Editorial Limusa.
- Manual del Ingeniero Civil (Tercera Edición 1992). “Propiedades del Concreto”. Frederick S. Merrit,