

Factibilidad del concreto permeable en la filtración del agua al subsuelo

¹Eddiel Benavides Vega, ¹María Del Carmen Fernández López, ¹Roberto Villalpando López, ¹Alonso Chacón Terrazas, ²Oscar Benito Alvarado Cisneros

¹Universidad Tecnológica de Chihuahua

²GCC Concreto S.A de C.V

Resumen

El agua es un elemento primordial para los seres vivos, actualmente se realizan arduas labores para generar conciencia en el cuidado de éste vital líquido, ya que los mantos acuíferos se están agotando. De los humanos depende que este ciclo siga vivo y tenga la capacidad de seguir funcionando adecuadamente. Los cambios que la Humanidad ha introducido en el clima y la cada vez mayor contaminación de la Biosfera ponen cada vez en mayor peligro la pureza y la distribución adecuada del agua. Debido a las regulaciones que limitan el escurrimiento superficial del agua de lluvia, cada vez resulta más costoso para los propietarios desarrollar proyectos de bienes raíces, debido al tamaño y el gasto que implican los sistemas de drenaje (Association, 2013)

Palabras Clave: Concreto permeable, Agua pluvial.

Introducción

1.1 Antecedentes

El agua es un elemento primordial para los seres vivos, actualmente se realizan arduas labores para generar conciencia en el cuidado de éste vital líquido, ya que los mantos acuíferos se están agotando. Diversos sectores de la sociedad están haciendo aportaciones importantes para la preservación de estos mantos, la industria por ejemplo, se ocupa por el desarrollo de mecanismos y productos que permitan la recuperación del agua de lluvia permitiendo su reintegración al medio ambiente

Debido a las regulaciones que limitan el escurrimiento superficial del agua de lluvia, cada vez resulta más costoso para los propietarios desarrollar proyectos de bienes raíces, debido al tamaño y el gasto que implican los sistemas de drenaje (Association, 2013)

En el caso del concreto convencional no se tiene la suficiente permeabilidad de agua hacia el subsuelo además de provocar encharcamientos que provocan la degradación del concreto ya colocado. Al no tener suficiente permeabilidad los mantos acuíferos no son recargados debidamente y estamos desperdiciando el ciclo hidrológico del agua y también el agua que se puede recuperar.

Es por lo anterior que el concreto permeable es el adecuado para el manejo del agua de lluvia, cualidad reconocida positivamente por organismos internacionales como la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés). Este tipo de concreto no tiene finos o posee pocos finos. Este concreto se usa principalmente como pavimento en aplicaciones de vialidades de bajo tráfico, áreas de estacionamientos, senderos y caminos para

peatones o ciclistas. Es un concreto especial, resultado de la combinación de agregado grueso, cemento y agua que favorece la creación de una estructura de tipo porosa que permite el paso de agua a través de él. Es de

baja resistencia; con revenimiento cero; es seco y poroso y puede usarse como pavimento de aceptable calidad estructural, permite filtrar el agua de lluvia, y evitar el escurrimiento superficial. (Association, 2013)

Justificación

El ciclo del agua es vital para el mantenimiento de la vida en la Tierra. Por una parte este ciclo permite proveer de agua a todos los ecosistemas terrestres. Los seres vivos de los ecosistemas precisan del agua para poder vivir. Las corrientes atmosféricas permiten que el vapor de agua atmosférico se mueva alrededor de todo el planeta y que se precipite en cualquier parte con mayor o menor frecuencia, incluso en los desiertos.

No menos importante resulta el hecho que el ciclo del agua permite la depuración de las aguas terrestres y acuáticas. Al evaporarse, el agua deja atrás los contaminantes convirtiéndose en agua potable. Sin el ciclo del agua, la acumulación progresiva de sustancias nocivas para la salud sería tan grande que dejaría de ser potable. Esto no quiere decir que el agua precipitada de la lluvia sea químicamente pura, es decir solo sea una mezcla de hidrogeno y oxígeno, ya que contiene otros elementos disueltos en la misma, como nitrógeno, carbono o azufre. Sin embargo, estos componentes que contiene el agua, en su justa medida, son muy importantes para el buen funcionamiento de los organismos vivos.

El ciclo del agua ha permitido disponer de una cantidad prácticamente constante de agua a la tierra. Durante muchos millones de años, este preciado líquido, gracias a este proceso, ha sido reciclado para permitir la vida sobre ella. Se puede decir que el agua que disponían los

primitivos helechos o que bebían los dinosaurios hace más de 200 millones de años es la misma que bebemos hoy en día todos los seres vivos, depurada y conservada y convenientemente distribuida por el constante ciclo del agua.

De los humanos depende que este ciclo siga vivo y tenga la capacidad de seguir funcionando adecuadamente. Los cambios que la Humanidad ha introducido en el clima y la cada vez mayor contaminación de la Biosfera ponen cada vez en mayor peligro la pureza y la distribución adecuada del agua y, en consecuencia, la continuidad de las actuales especies vivas sobre la Tierra. (Botanical-online, 2013)

El tipo de concreto permeable tiene la ventaja de que el agua de la lluvia no se empoza sino que se filtra a través del material, lo que permite la recarga de agua subterránea, es una alternativa sustentable para el medio ambiente ya que la colocación adecuada de este tipo de concreto evitaría el encharcamiento en las calles y además no interrumpe el ciclo hidrológico del agua. Esto significa que se pueden pavimentar grandes áreas sin tener que impermeabilizarlas. Es ideal para parques o carreteras poco transitadas. Cualidades reconocida positivamente por organismos internacionales como la Agencia de protección Ambiental (EPA).

Además este material funciona como un filtro que reduce los sedimentos y componentes contaminantes que los primeros milímetros de lluvia arrasan. Eso reduce la contaminación por hidrocarburos aromáticos policíclicos, producidos por procesos de combustión incompleta a alta temperatura de diversos tipos de materia orgánica los cuales se han identificado como compuestos que producen cáncer en el ser humano. (Provinciales, 2009). También disminuye el efecto invernadero porque absorben menos calor que el concreto tradicional y el asfáltico, debido a su naturaleza porosa y su color más claro. Este nuevo material puede mejorar la calidad de vida porque controla las inundaciones, reduce el efecto de “isla de calor” al ser poroso y claro. Además absorbe el ruido, disminuye la contaminación. (Aire, 2013)

El concreto permeable es un material de construcción novedoso que ofrece múltiples ventajas medioambientales y económicas, resultado de la combinación de agregado grueso, cemento y agua que favorece la creación de una estructura porosa que permite el paso de agua a través de él. La combinación de estos ingredientes produce un material endurecido con poros interconectados, cuyo tamaño varía de 2 a 8 mm lo que permite el paso del agua. El contenido de vacíos puede variar de un 18 a un 35%, con resistencias a compresión típicas de 2.8 a 28 Mpa. Su velocidad de drenaje depende del tamaño de agregado y de la densidad de la mezcla, pero generalmente varía de 81 a 730 L/min/m². En general, se emplean los mismos materiales que en el concreto convencional; es decir, materiales cementantes, agregados grueso y fino, aditivo y agua. Sin embargo, el agregado fino está limitado o se elimina de la composición de la mezcla. Si bien al añadir

agregado fino se incrementa la resistencia puede reducir el contenido de vacíos y por lo tanto la permeabilidad del concreto, la cual es la principal característica de este tipo de concreto.

En este material cementante se pueden emplear: el cemento portland de uso general, cementos adicionados, así como materiales suplementarios como la ceniza volante, humo de sílice y escorias de alto horno. Cabe subrayar que por lo general se emplean agregados gruesos de 9.5, 19 y hasta 25.4 mm de tamaño máximo, que puede ser de peso normal o ligero, y de forma redondeada o triturada. Los agregados de forma redondeada producen mayores resistencias; los de mayor tamaño superficies más ásperas, mientras que los de tamaño pequeño y textura suave son más fáciles de colocar aunque requieren mayor cantidad de cemento. Respecto al agregado fino es común que no se use; sin embargo, en caso necesario se recomienda su uso en bajos contenidos, cuidando que no se reduzca la permeabilidad del concreto.

El agua potable es adecuada para la elaboración del concreto permeable. Se puede emplear agua de otras fuentes o reciclada sin embargo esta debe cumplir ciertas especificaciones y se debe verificar que su empleo no influya en el tiempo de fraguado, resistencia y durabilidad. Debido a la ausencia o limitada cantidad de agregado fino, el volumen de agua es un factor determinante en el concreto permeable.

La resistencia del concreto depende de la adherencia del cemento y las partículas de agregado grueso. La falta de agua provocará la falta de adherencia, mientras que el exceso puede generar la obstrucción de los poros. En el primer caso se puede presentar la falla prematura de la superficie, y en el segundo se

perderá la capacidad de filtración de la superficie, es decir, perderá permeabilidad.

La mezcla de concreto permeable es más rígida y su tiempo de fraguado es menor comparado con la del concreto convencional, por lo que en caso necesario se pueden usar aditivos

retardantes de fraguado, muy recomendable en climas calurosos para facilitar la entrega y su colocación. Para prolongar la condición fresca de la mezcla y facilitar la descarga se pueden usar estabilizadores de hidratación o aditivos retardantes de larga duración

Ventajas

El concreto permeable es un producto que por sus características, no solo mantiene la estética y condiciones del medio ambiente, también permite la regeneración de los mantos acuíferos por medio de la filtración del agua, convirtiéndose así en verdaderos y permanentes sistemas basados en pozos profundos que permiten la integración del líquido al subsuelo, obteniendo así un alto valor ecológico. También puede recuperar el agua para conducirla a cualquier punto requerido como una planta de tratamiento, cisterna de recuperación, lagunas de recuperación, esto para volver a usar el agua para riego o uso de servicios.

Entre las virtudes que presenta el concreto permeable es el de ser más durable que los pavimentos comúnmente usados como el asfalto, los adocretos y los adopastos. Es un pavimento con superficie 100% permeable, reduce el drenaje pluvial al 50%. Por utilizar un

sistema de bases con material pétreo no existen deformaciones o baches. Es un material poroso, es autodrenante y autoventilado. Por su función permeable en los pavimentos, no interrumpe el ciclo hidráulico del agua en las ciudades, permitiendo inyectar agua pluvial a los mantos acuíferos. Su estructura con el 15% al 30% de vacíos, no genera islas de calor como el asfalto y el concreto hidráulico. Evita encharcamientos y ayuda a evitar saturación en los drenajes en época de lluvias. Disminuye las distancias de frenado de los vehículos, especialmente en condiciones de lluvia, evita el acuaplaneo. No retiene agua en su superficie, existe baja probabilidad de deslumbramiento por reflexión de la luz sobre película de agua superficial. Disminuye los gradientes térmicos y de humedad (reflexión mínima de la luz), aumenta la calidad de servicios para usuarios vehicular y peatonal, durante la lluvia, disminuyendo los riesgos de accidentes.

Objetivo

Demostrar que el concreto cumple con los estándares de calidad del concreto convencional

1.3.1 Objetivos específicos

Comprobar por medio de pruebas mecánicas el cumplimiento de la Norma NMX-C-191-ONNCCE-2004

Demostrar que este concreto puede ser aplicado en vialidades de tráfico vehicular.

Optimizar el contenido de agua en la formulación del cemento permeable.

1.4 Delimitación

Diversos sectores de la sociedad están haciendo aportaciones importantes para la preservación

de estos mantos, la industria por ejemplo, se ocupa por el desarrollo de mecanismos y productos que permitan la recuperación del agua de lluvia permitiendo su reintegración al medio ambiente.

En la ciudad un gran porcentaje de las calles no tiene un alto flujo vehicular, es importante

utilizar el concreto permeable para este tipo de calles, para lo cual se realiza el presente estudio, sobre las propiedades mecánicas, para demostrar la resistencia y durabilidad del concreto permeable.

Metodología

Cabe resaltar que todas las pruebas fueron realizadas en condiciones ambientales reguladas y permanecieron el mismo tiempo de curado hasta el día de su prueba a la resistencia a la flexión

La secuencia de mezclado al realizar las pruebas fue humedecer la revolvedora para evitar la formación de bolas, después agregar un 70% del agua de mezclado que se va a utilizar, enseguida se agregó el material grueso en este caso la caliza 3/8", luego se agrega el cemento, se añadió la dosificación de aditivo.

Se realizó un mezclado de 3 minutos una vez dentro los materiales, luego se permaneció sin mezclar 3 minutos, se mezclaron otros 2 minutos y se retiró la mezcla de la revolvedora, finalmente se procedió al muestreo de especímenes de una manera adecuada.

Para el análisis de los resultados es importante realizar varias pruebas de concreto, esto con el fin de determinar la mejor dosificación y mejores características tanto en estado fresco como en estado endurecido para este estudio se trabajó con dos tipos de cemento los cuales serán definidos como cemento 1 y cemento 2, que se sometieron a diferentes dosificaciones y se combinaron con diferentes materiales, esto con el fin de probar su resistencia a la flexión ya que el diseño se realizó para un módulo de

ruptura MR 40. Cumpliendo con la NMX-C-191-ONNCCE-2004. (Concreto, 2008)

Las pruebas de aceptación que se realizó a los materiales seleccionados para elaborar las mezclas de concreto son las siguientes; densidad, peso volumétrico, granulometría y módulo de finura. Una vez realizadas las pruebas a los materiales se realizó el diseño teórico de dosificación para un volumen de 70L. Se elaboraron 8 mezclas con diferente proporción de materiales usando como referencia 2 tipos de cemento. Estas se realizaron con seis especímenes de prueba con un tiempo de secado a 3, 7 y 28 días. En las pruebas finales se agregó a cada tipo de cemento fibras de polipropileno con los mismos tiempos de secado.

Se presenta una gráfica con los resultados obtenidos de todas las pruebas realizadas y una explicación de la tendencia de los resultados con las diferentes combinaciones de materiales.

1.5 Elaboración de Pruebas

Una vez seleccionados los materiales se procedió a analizarlos y determinar si cumplen con las características adecuadas para fabricación de concreto estas son las siguientes:

1.5.1 Granulometría

Se denomina clasificación granulométrica o granulometría, a la medición y gradación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica esta prueba se realiza en el agregado grueso.

En la figura 1 se muestra el equipo ro-tap para realizar obtener la curva granulométrica, se utiliza una serie de tamices con diferentes diámetros que son ensamblados en una columna. En la parte superior, donde se encuentra el tamiz de mayor diámetro, se agrega el material original (suelo o sedimento mezclado) y la columna de tamices se somete a vibración y movimientos rotatorios intensos en una máquina especial.



Figura 1. Equipo ro-tap para obtener una curva granulométrica.

Luego de algunos minutos, se retiran los tamices y se desensamblan, tomando por separado los pesos de material retenido en cada uno de ellos y que, en su suma, deben corresponder al peso total del material que

inicialmente se colocó en la columna de tamices. En la figura 2 y 3 se muestra la división final de los materiales y la separación adecuada que se obtiene al final de la prueba.



Figura 2. División adecuada de los materiales.



Figura 3. Separación adecuada de los materiales en las diferentes mallas.

1.5.2 Masa volumétrica

La masa volumétrica (masa unitaria) de un agregado es la masa o el peso del agregado necesario para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado. Dicho volumen es aquel ocupado por los agregados y por los

vacíos entre las partículas de agregado. La masa volumétrica de los agregados comúnmente usada en el concreto varía de 1200 a 1750 kg/m³. En la figura 4 se muestra el equipo que se utilizó para determinar la masa volumétrica



Figura 4. Equipo para determinar la masa volumétrica de los materiales bascula y molde volumétrico.

Densidad

La densidad específica de los agregados es la relación entre su masa y la masa de agua con el mismo volumen absoluto, se usan en algunos cálculos de proporcionamiento y del control de la mezcla. La cantidad de agua es un factor determinante en el concreto permeable. La resistencia del concreto depende de la

adherencia entre la pasta de cemento y las partículas de agregado grueso. La falta de agua provocará la falta de adherencia, mientras que el exceso de agua puede generar la obstrucción de los poros, las características del material debe cumplir con lo especificado en la ASTM C1602. (ASTM)

Absorción y porcentaje de humedad

La absorción y humedad superficial de los agregados ya que, así el agua total del concreto se puede controlar y las masas correctas de los materiales se pueden determinar.

Todas estas pruebas son indispensables para elaborar el diseño teórico y dosificaciones adecuadas para la elaboración del concreto ecológico-permeable, es decir son los parámetros que nos indican la proporción en porcentajes en la que se deben dosificar dichos materiales para la obtener una mezcla homogénea de concreto.

Una vez realizado el diseño teórico de los materiales se procedió a realizar una corrida de pruebas a nivel laboratorio para ver el comportamiento del concreto en estado fresco y endurecido, la idea fue realizar las pruebas con diferentes dosificaciones y materiales, después realizar una comparativa en la resistencia a la flexión y definir la adecuada para la elaboración de este tipo de concreto para llegar a esto se realizan mezclas en volumen pequeño aproximadamente 70 L por mezcla en estas se evaluó la cantidad necesaria de agua y aditivos que se necesitan para un revenimiento adecuado para su posterior colocación.

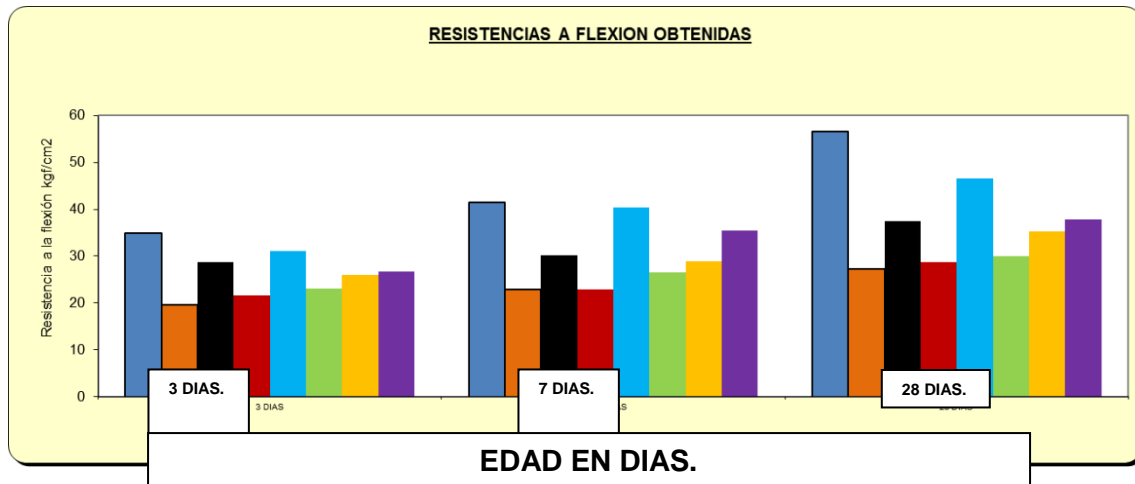
Resultados y Discusiones

En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos de los especímenes de las pruebas realizadas, su relación agua-cemento, revenimiento y contenido de agua por m³. En la gráfica 1 se muestra la comparación de todos los resultados de las pruebas que se analizaron por 3, 7 y 28 días.

Tabla 1 Promedios de los resultados obtenidos de los especímenes de las pruebas realizadas, relación agua-cemento, revenimiento y contenido de agua por m³.

RESISTENCIA A LA FLEXION DE CILINDROS DE CONCRETO								SIMBOLOGIA	
IDENT. DE LA PRUEBA	RESISTENCIAS kgf/cm ²			REL. AGUA/CEMENTO	REV. (cm)	Cemento kg/m ³	Agua L/m ³	<ul style="list-style-type: none"> ■ CEMENTO 1 ■ CEMENTO 2 ■ CEMENTO-1 50% + CEMENTO-2 50% ■ CEMENTO-1 75% + CEMENTO-2 25% ■ CEMENTO-1 + SF (FIBRA) ■ CEMENTO-2 + SF (FIBRA) ■ CEMENTO-1 50% + CEMENTO-2 50% + SF (FIBRA) ■ CEMENTO-1 75% + CEMENTO-2 25% + SF (FIBRA) 	
	3 DIAS	7 DIAS	28 DIAS						
CEMENTO 1	35	42	57	0.181	1.0	367	67		
CEMENTO 2	20	23	27	0.220	1.0	367	82		
CEMENTO-1 50% + CEMENTO-2 50%	29	30	37	0.210	1.5	367	79		
CEMENTO-1 75% + CEMENTO-2 25%	22	23	29	0.230	1.5	367	86		
CEMENTO-1 + SF (FIBRA)	31	40	47	0.253	2.0	367	93		
CEMENTO-2 + SF (FIBRA)	23	27	30	0.253	0.0	367	93		
CEMENTO-1 50% + CEMENTO-2 50% + SF (FIBRA)	26	29	35	0.257	2.0	367	94		
CEMENTO-1 75% + CEMENTO-2 25% + SF (FIBRA)	27	36	38	0.241	2.0	367	89		

Grafica 1. Resultados obtenidos de los especímenes de las pruebas realizadas, relación agua-cemento, revenimiento y contenido de agua por m³ graficados a 3,7 y 28 días.



La mezcla de la prueba 1 es la que presentó un comportamiento más alto en cuanto a resistencia, cuando se usó cemento 1 solo y cuando se le agregaron fibras al cemento 1 presenta la misma tendencia, por lo tanto las dosificaciones adecuadas para la elaboración de concreto son las pruebas 1 y 5, el resto de las pruebas proporcionan datos para posibles combinaciones o sinergias entre otros aditivos y distintos diseños para optimización de los recursos. Sin embargo como medida de la calidad de un concreto lo adecuado es la sinergia que presentan las mezclas elaboradas con cemento 1, otras combinaciones que no alcanzan la resistencia esperada resultaron útiles para ver comportamientos y posibles fallas en una dosificación de concreto, ya que con éstas se puede crear un procedimiento para los posibles comportamientos irregulares de un concreto.

Cuando se diseña para determinada relación agua-cemento es importante mantener la relación ya que este es un parámetro de calidad en el concreto que se suministra al usuario final.

La mezcla de la prueba 1 nos arroja el mejor resultado como se muestra en la tabla, en cuanto a la optimización de agua en su formulación

De acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas realizadas, el concreto permeable es un material que, por su alta resistencia a la flexión y módulo de ruptura de acuerdo a las norma Mexicana NMX-C-191-ONNCCE-2004, este se recomienda para su utilización en calles de tráfico vehicular moderado, así como en vialidades peatonales tales como parques, plazas, banquetas, etc.

Un punto aún más importante para el éxito de un pavimento permeable es el contenido de vacíos, este se recomienda ser verificado utilizando el método descrito en la norma ASTM 29.

Este tipo de concreto permite seguridad a los conductores y a los peatones. El concreto permeable es durable y resistente al tiempo, pudiendo durar muchos años (20 a 30 años) con el mantenimiento adecuado.

Referencias Bibliográficas

Aire, C. (2013). Concreto permeable: alternativas sustentables. *Construcción y Tecnología en Concreto* .

Association, N. R. (2013). Cocreto Permeable. *NRMCA* , 1-2.

ASTM. (n.d.). *ASTM C1602*. Retrieved 04 26, 2013, from Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete:
<http://www.astm.org/Standards/C1602.htm>

Botanical-online. (2013). *El mundo de las plantas*. Retrieved Abril 26, 2013, from

<http://www.botanical-online.com/ciclodelagua.htm>

Concreto, I. M. (2008, 12 01). *imcyc*. Retrieved 04 26, 2013, from

<http://www.imcyc.com/ct2008/dic08/dic08/PDF/PROBLEMAS.pdf>

Provinciales. (2009, 06 01). Retrieved 04 26, 2013, from Ecología: Contaminación por hidrocarburos aromáticos policíclicos:
<http://ahorainfo.com.ar/2009/01/ecologia-contaminacion-por-hidrocarburos-aromaticos-policiclicos-en-el-estuario-de-bahia-blanca/>