Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2024,
Volumen 8, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4

DISEÑO DE PROTOTIPO DE HORMIGÓN PERMEABLE PARA ÁREAS RECREATIVAS EN LA UNIVERSIDAD DE MILAGRO (UNEMI)

DESIGN OF PERMEABLE CONCRETE PROTOTYPE FOR RECREATIONAL AREAS AT THE UNIVERSITY OF MILAGRO (UNEMI)

Santiago Felipe Romero Paredes
Universidad Estatal de Milagro - Ecuador

Lisbeth Angélica Machuca García
Universidad Estatal de Milagro - Ecuador

Victor Xavier Pincay Sánchez
Universidad Estatal de Milagro - Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12999

Diseño de prototipo de hormigón permeable para áreas recreativas en la Universidad de Milagro (UNEMI)

Santiago Felipe Romero Paredes[1]
sromerop5@unemi.edu.ec
https://orcid.org/0009-0001-3801-9300
Universidad Estatal de Milagro
Ecuador

Lisbeth Angélica Machuca García
lmachucag@unemi.edu.ec
https://orcid.org/0009-0000-0830-0874
Universidad Estatal de Milagro
Ecuador

Victor Xavier Pincay Sánchez
vpincays@unemi.edu.ec
https://orcid.org/0009-0001-2411-5502
Universidad Estatal de Milagro
Ecuador

RESUMEN

El caso práctico presentado en el documento trata sobre el diseño de un prototipo de hormigón permeable para áreas recreativas en la Universidad Estatal de Milagro (UNEMI). El objetivo principal es evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de este material como una solución sostenible para el manejo de aguas pluviales en el campus universitario. El hormigón permeable se destaca por su capacidad para permitir el paso del agua a través de su superficie, lo que ayuda a controlar la escorrentía superficial, previniendo inundaciones y mejorando la infiltración de agua en el suelo. Esta tecnología no solo es beneficiosa desde el punto de vista medioambiental, sino que también contribuye a la creación de espacios verdes, promoviendo un entorno urbano más sostenible y resiliente. El proyecto incluye la elaboración de encuestas para evaluar la aceptación del hormigón permeable, la realización de pruebas de permeabilidad, y un análisis costo-beneficio en comparación con el hormigón convencional. Los resultados obtenidos ayudarán a determinar la eficacia del hormigón permeable y su potencial implementación a mayor escala en la universidad, incentivando el desarrollo de investigaciones futuras en el área.

Palabras clave: hormigón permeable, sostenible, materiales innovadores

[1] Autor principal.
Correspondencia: sromerop5@unemi.edu.ec

Design of permeable concrete prototype for recreational areas at the University of Milagro (UNEMI)

ABSTRACT

The case study presented in the paper deals with the design of a permeable concrete prototype for recreational areas at the State University of Milagro (UNEMI). The main objective is to evaluate the technical, economic and environmental feasibility of this material as a sustainable solution for stormwater management on the university campus. Pervious concrete stands out for its ability to allow water to pass through its surface, which helps control surface runoff, preventing flooding and improving water infiltration into the soil. This technology is not only beneficial from an environmental point of view, but also contributes to the creation of green spaces, promoting a more sustainable and resilient urban environment. The project includes the development of surveys to assess the acceptance of pervious concrete, permeability testing, and a cost-benefit analysis compared to conventional concrete. The results obtained will help determine the effectiveness of pervious concrete and its potential implementation on a larger scale at the university, encouraging the development of future research in the area.

***Keywords*:** permeable concrete, sustainable, innovative materials

Artículo recibido 01 agosto 2024
Aceptado para publicación: 25 agosto 2024

INTRODUCCIÓN

El hormigón, también llamado concreto, tiene una historia extensa que se remonta a la época romana, cuando se utilizaba para construir estructuras duraderas. Con el avance de la sociedad, el hormigón ha evolucionado, incorporando nuevos materiales como cemento, arena y grava, lo que llevó al desarrollo del hormigón convencional que conocemos hoy en día. Este material se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo la construcción de carreteras, puentes, edificios, tuberías y bloques, entre otros (Nistal Cordero y otros, 2012).

La implementación del hormigón permeable aumenta la eficiencia de un sistema de drenaje, disminuyendo las posibilidades de inundaciones, promoviendo una solución sostenible y con viabilidad económica (Carrasco Cevallos y Peralta Merelo, 2021). El informe descrito por el (Comité ACI 522, 2010) describe los componentes, propiedades y aplicaciones de hormigón permeable como un material poroso de bajo asentamiento que consiste principalmente en cemento Portland, agregado grueso, poco o ningún agregado fino, aditivos y agua. Varían en tamaño de 0.08 a 0.32 pulgadas. (2 a 8 mm), que permiten el paso fácil del agua.

El hormigón posee numerosos beneficios, como su alta resistencia a la compresión, versatilidad, durabilidad y bajo costo, lo que lo ha convertido en uno de los materiales más utilizados en todo el mundo. No obstante, con las nuevas exigencias de la sociedad actual, como la conservación del medio ambiente, han surgido la necesidad de innovar. En respuesta a esta demanda, se han desarrollado diversas tecnologías que buscan mitigar el impacto ambiental provocado por la actividad humana, destacándose entre ellas el hormigón permeable como una solución efectiva a varios de estos desafíos.

El (Plan de Desarrollo para el Nuevo Ecuador 2024-2025, 2024) establece directrices clave para la implementación de tecnologías y materiales innovadores, la protección del medio ambiente, y el desarrollo de infraestructura sostenible. Respecto al medio ambiente, el plan destaca la importancia de tecnologías limpias y modelos circulares para mitigar y adaptarse al cambio climático, áreas donde el hormigón permeable es beneficioso por su capacidad para reducir la escorrentía superficial y mejorar la calidad del agua

En la Universidad Estatal de Milagro (UNEMI) se está considerando la implementación de soluciones innovadoras y sostenibles para la gestión de aguas pluviales, lo que adquiere una relevancia especial en

el desarrollo urbano. Enfrentar los desafíos específicos del entorno universitario y proponer soluciones que sean técnicamente viables, así como social y ambientalmente responsables, es esencial para el desarrollo ecológico. En este contexto, el hormigón permeable surge como una opción prometedora para mejorar la infraestructura y el paisajismo del campus, fomentando la sostenibilidad y la resiliencia frente al cambio climático.

El hormigón permeable se destaca por su capacidad para permitir que el agua pase a través de su superficie, lo que lo convierte en una herramienta eficaz para controlar la escorrentía superficial y facilitar la infiltración de agua en el suelo. Esta propiedad es especialmente importante en un campus universitario, donde una gestión adecuada de las aguas pluviales es crucial para evitar inundaciones, erosión del suelo y la contaminación de cuerpos de agua cercanos. Además, el uso de hormigón permeable puede contribuir a la creación de espacios verdes y a la mejora del entorno urbano, proporcionando áreas de recreación y esparcimiento para estudiantes, docentes y personal administrativo.

El hormigón permeable es un material poroso formado por una combinación de cemento, agregados y aditivos. Se distingue por su habilidad para gestionar el flujo de agua de lluvia, ayudando a prevenir inundaciones, erosión del suelo y la contaminación de cuerpos acuáticos. Gracias a su estructura porosa, permite que el agua se infiltre a través del pavimento y se absorba en el suelo de manera progresiva, favoreciendo la recarga de acuíferos subterráneos y mejorando la calidad del agua en áreas urbanas.

El hormigón permeable se clasifica en distintas categorías según sus componentes y apariencia. Puede dividirse según el tipo de material agregado, como el hormigón permeable a base de cemento o asfalto. Desde el punto de vista estético, se distingue entre variedades como el hormigón permeable ordinario, coloreado o expuesto. Además, según su función, se clasifica en pavimento de concreto permeable estándar, paisajístico o portador. Este tipo de hormigón se caracteriza por su estructura porosa con poros interconectados y un esqueleto de hormigón sólido, lo que le otorga su capacidad de permeabilidad al agua (Carrasco, 2022).

El hormigón permeable es una resolución viable y sostenible para el adecuado manejo del agua lluvia, mitigando las inundaciones urbanas y decreciendo la carga sobre los sistemas de drenaje convencionales, además, es factible económicamente debido a sus bajos costos de fabricación y mantenimiento,

promoviendo una infraestructura actual, resiliente y sostenible (Moya et al., 2022). Se observan cambios importantes en la permeabilidad del pavimento dependiendo del punto de medición y diferencias entre los métodos de medición del Centro Nacional de Tecnología del Asfalto (NCAT) y ASTM C1702, con el método ASTM C1701 no cumpliendo con los requisitos mínimos de permeabilidad (Urrutia Saavedra, 2024).

El hormigón permeable diseñado puede mejorar significativamente el drenaje urbano, con un coeficiente de filtración adecuado y una resistencia a la compresión suficiente para soportar el tráfico ligero, planteándose como una solución viable para mitigar las inundaciones urbanas y mejorar la gestión. del agua de lluvia. Además, es fundamental cuidar el hormigón permeable para que siga funcionando bien, especialmente en lugares donde llueve mucho y suelen producirse inundaciones (Rivera Ildefonso, 2021).

El hormigón permeable destaca por varias propiedades clave, como su alta permeabilidad hidráulica, resistencia estructural y durabilidad, lo que lo hace ideal para diversas aplicaciones, desde estacionamientos y calles residenciales hasta áreas peatonales y plazas públicas. Además de sus beneficios funcionales, este material también aporta ventajas estéticas y ambientales, ya que permite la integración de vegetación en su superficie y ayuda a reducir el efecto isla de calor en entornos urbanos. El estudio y la aplicación del hormigón permeable ofrecen una oportunidad valiosa para enfrentar los desafíos actuales relacionados con la gestión del agua y el diseño urbano sostenible. Al comprender sus características, propiedades y beneficios potenciales, se puede maximizar el uso de esta tecnología innovadora para crear entornos urbanos más resilientes, saludables y equitativos. Los hormigones permeables adquieren una importancia especial en comparación con los hormigones tradicionales, ya que contribuyen a mitigar los efectos negativos de la urbanización en la hidrología y el comportamiento térmico de las ciudades (Bonicelli y otros, 2015).

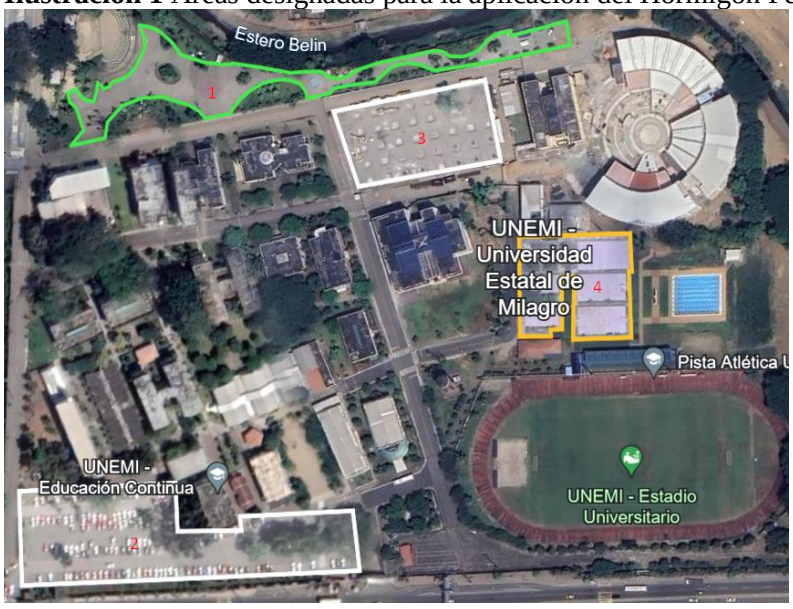
La norma (ISO 16311-4:2014, 2014) establece los requisitos para el estado del sustrato antes y durante la aplicación, incluida la estabilidad estructural, el almacenamiento de materiales, la preparación y la aplicación de productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón, incluido el control de calidad y las cualificaciones del personal, el mantenimiento, la salud y la seguridad, y el medio ambiente.

METODOLOGÍA

La norma basada en (ASTM C127-01, 2001) se utiliza para determinar la densidad media, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso. Se distingue entre la densidad de las partículas de áridos y la densidad aparente, incluyendo los huecos entre las partículas de los áridos determinada por el método de ensayo C 29/C 29M, que incluye el volumen de huecos entre las partículas de áridos. No es aplicable para áridos ligeros. Los resultados se expresan en unidades SI o en unidades de pulgada-libra. Se proporciona material explicativo a través de notas, las cuales no son requisitos del método. La norma no aborda todos los problemas de seguridad, dejando la responsabilidad al usuario de establecer prácticas adecuadas antes de su uso.

El principal objetivo es que se elabore una mezcla que además de cumplir con los estándares de resistencia y durabilidad, garantice una adecuada permeabilidad debido que, es una característica crucial para el desempeño de las canchas, dando paso al drenaje eficiente y disminuyendo la probabilidad de inundación del espacio. Entre otros objetivos se indaga en la realización de diversas dosificaciones con múltiples porcentajes de agregado fino y cantidades de cemento, con el fin de obtener las características deseadas en cuanto de la resistencia, compresión, flexión y permeabilidad (Nuñez Herbozo, 2015).

Ilustración 1 Áreas designadas para la aplicación del Hormigón Permeable



La normativa (Real Decreto 1247/2008, 2008)en el capítulo VI se centra en los materiales utilizados en la fabricación del hormigón estructural. Este capítulo proporciona directrices detalladas sobre las propiedades, requisitos y controles de calidad de los materiales que componen el hormigón, asegurando

que cumplen con los estándares necesarios para garantizar la seguridad, durabilidad y funcionalidad de las estructuras.

Cemento - Tipo GU

Es uno de los componentes más importantes para este tipo de hormigón, actúa como aglutinante que cohesiona los materiales gruesos (grava) y el agua; la correcta selección del tipo de cemento es importante para que se garanticen las propiedades deseadas del hormigón permeable (Pinto et al., 2018). La característica del cemento Tipo GU se basa en el uso general lo cual es adecuado para aplicarlo en diversos tipos de construcción, ofrece una buena resistencia y propiedad de fraguado asegurando un endurecimiento de forma rápida.

Funciones del cemento:

- **Proporciona durabilidad y resistencia:** Aporta la fortaleza necesaria para aguantar cargas de peso y tráfico, asegurando una larga vida útil del hormigón.
- **Regula la porosidad:** La cantidad del cemento utilizados repercute en la porosidad del hormigón permeable, estableciendo la capacidad de permeabilidad.
- **Controla la trabajabilidad:** Permite la adecuada colocación y compactación durante el proceso de construcción.
- **Mantiene la estabilidad:** Evita la desintegración o degradación con el paso del tiempo.

Material grueso (piedra de 3/4")

Componente fundamental del hormigón permeable, debido a las características de este material con su estructura porosa, permitiendo el paso del agua y el aire mediante sus interconexiones. Entre las características más importantes de este material se encuentra la capacidad de permeabilidad, se obtiene debido a que; este material es el que determina la porosidad del hormigón permeable, la resistencia mecánica para soportar cargas de peso; la estabilidad, contribuye a la estabilidad dimensional evitando agrietamientos o deformaciones y economía; es un material abundante y de bajo costo (Pinto et al., 2018).

Función de la piedra

- **Producción de poros:** Los espacios entre los fragmentos de piedra crean los poros que permiten el paso del agua y el aire a través del hormigón permeable.

- **Distribución de cargas:** La piedra distribuye los pesos de manera uniforme sobre el pavimento, evitando la concentración de esfuerzos que podrían causar roturas.
- **Esqueleto estructural:** La piedra forma el esqueleto estructural del hormigón permeable, proporciona la base sobre la cual se adhiere el cemento y los demás componentes.

Propiedades de la piedra:

- **Tamaño:** La granulometría de la piedra debe ser la idónea, asegurando una porosidad adecuada.
- **Resistencia:** Debe tener una resistencia a la compresión adecuada para soportar las cargas de tráfico previstas.
- **Limpieza:** Debe estar libre de contaminantes e impurezas que puedan afectar la adherencia con el cemento.
- **Durabilidad:** Debe ser resistente al desgaste y a la degradación química, asegurando la durabilidad del hormigón permeable.

Arena (natural de río)

El uso de arena es común en el hormigón tradicional, por otro lado, su rol es limitado para la elaboración de hormigón permeable. Aunque la arena no sea un componente importante para la elaboración del hormigón permeable, es recomendable su uso en porciones pequeñas ya que ayuda a la trabajabilidad, facilitando la colocación y compactación; rellena vacíos entre los áridos gruesos, contribuye a la distribución más uniforme del cemento; aumenta la densidad, siendo beneficioso en algunas aplicaciones específicas (Pinto et al., 2018).

Función de la arena

- **Lubricante:** Reduce la fricción entre los fragmentos y mejorando la trabajabilidad.
- **Relleno:** Colma las zonas vacías entre los áridos gruesos, creando una matriz más densa y uniforme
- **Dispersante:** Dispersa las partículas de cemento de manera homogénea en la mezcla.

¿Por qué no se utiliza arena en gran proporción?

La arena se usa en cantidades limitadas en el hormigón permeable conforme a diversos factores, ya que; una cantidad excesiva de arena disminuye la permeabilidad del material al reducir los espacios entre las partículas, es decir, la porosidad se vería afectada, lo que afecta negativamente una de sus características fundamentales. Además, desgasta la matriz del hormigón, aminorando su resistencia a la compresión e incrementando su fragilidad. Por último, incrementa el costo total del hormigón permeable.

Agua

El agua juega un papel crucial en la elaboración del hormigón permeable, siendo indispensable para el proceso de hidratación y fraguado de la mezcla, asegurando las propiedades de durabilidad del material, el manejo de una adecuada cantidad de agua permite; la hidratación del cemento, activando las reacciones químicas del cemento, moldeando una pasta que aglutina el material grueso y el fino; endurecimiento, debido a la hidratación del cemento dándole resistencia; trabajabilidad, facilita la mezcla, su colocación y compactación , garantizando un acabado denso y equilibrado (Pinto et al., 2018).

Funciones y propiedades del agua

- **Activador químico:** Inicia de las reacciones químicas del cemento, comenzando el desarrollo de fraguado y endurecimiento.

- **Limpieza:** No debe contar con impurezas y contaminantes que afecten la hidratación del cemento y las propiedades del hormigón permeable.
- **Potabilidad:** No es obligatorio, no obstante, se recomienda utilizar agua potable para garantizar la calidad del hormigón permeable.
- **Cantidad:** La cantidad de agua debe ser idónea para la hidratación completa del cemento sin generar una mezcla demasiado fluida o seca. La relación agua/cemento (a/c) es un factor fundamental en el diseño del hormigón permeable.

Materiales para la elaboración del hormigón permeable

Tabla 1 Presentación de materiales y uso.

Materiales	**Uso**
Tubo Policloruro de vinilo (“4”)	Empleado para el sistema de filtración de agua.
Tornillos	Usado para fijar los moldes de madera.
Madera de Plywood	Utilizado para construcción de moldes.
Arena	Necesario para la creación de concreto.
Cemento Tipo GU – Cemento de uso general	Mezcla de materiales para la cohesión de hormigón.
Grava ¾	Proporcionar resistencia y volumen.
Agua	Esencial para la mezcla de concreto.
Carretilla	Trasporte y realización de la mezcla.
Baldes	Usado para trasportar los diferentes tipos de materiales ya pesados.
Balanza	Utilizado para el peso de las diferentes cantidades.
Pala	Trasporte y desplazamiento de los diferentes materiales.

Fuente: Elaboración propia.

Dosificaciones de los materiales

Tabla 2 Designación de proporciones para los diferentes tipos de prueba

Dosificaciones para el prototipo de Hormigón Permeable.					
Relación G/A		**Cemento (m^3)**	**Arena (m^3)**	**Grava ¾ (m^3)**	**Agua (L)**
100% - 0%	Prueba #1	0,002	0	0,01389	1.9
90% - 10%	Prueba #2	0,002	0,001523	0,0125	1.7
85% - 15%	Prueba #3	0,002	0,002284	0,0118	1.7
80% - 20%	Prueba #4	0,002	0,00304	0,0111	1.6

Fuente: Elaboración propia.

Desarrollo del trabajo práctico experimental

Ilustración 2 Peso de las diferentes cantidades

Medición de las diferentes cantidades de agregado para la preparación del hormigón permeable.

Ilustración 3 Colocación de mezcla en los diferentes encofrados.

Se realiza la colocación de las diferentes concentraciones en los respectivos moldes de prueba.

Ilustración 4 Compactación de la mezcla

Se compacta la mezcla para evitar que formen vacíos los cuales afectan su resistencia**.**

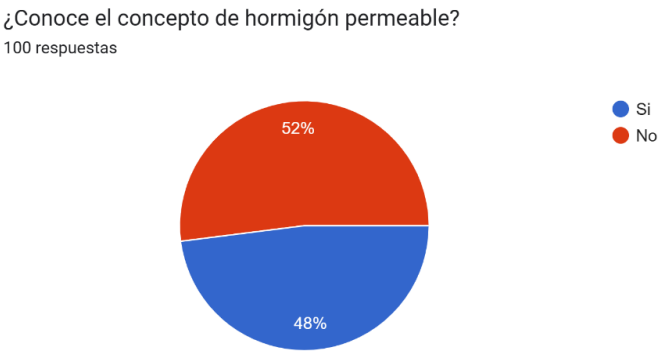
Ilustración 5 Curado y Reposo del hormigón permeable.

Muestras de hormigón puesta en las respectivas mezclas: (M1) en el cual la proporción G/A es 100% - 0%, (M2): 90% - 10%, (M3): 85% - 15%, (M4): 80% - 20%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

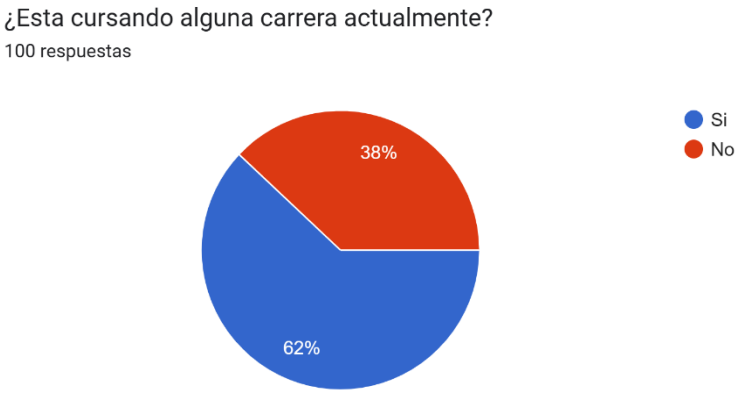
En esta sección, se presentan los resultados obtenidos de las encuestas realizadas a 100 personas. El objetivo fue obtener una variedad de opiniones sobre el hormigón permeable y su aceptación en la Universidad Estatal de Milagro.

Ilustración 6 Concepto de hormigón permeable



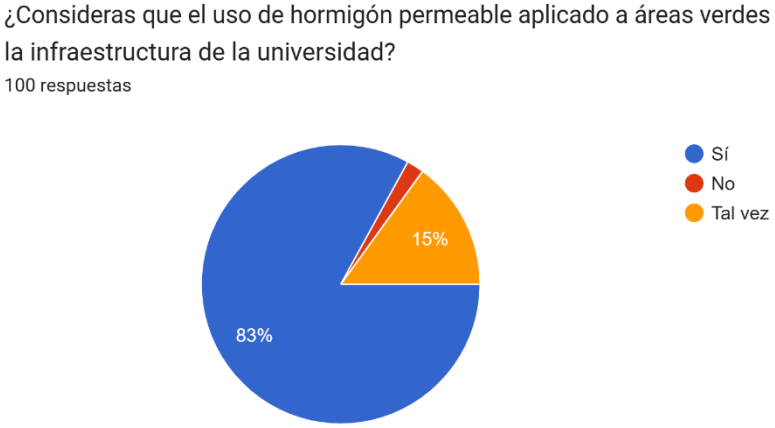
Se determina en la Ilustración 6 que el 52% de las personas encuestadas no conocen sobre el termino de hormigón permeable, y el 48% de estas tienen conocimiento respecto al tema.

Ilustración 7 Inscripción en carrera universitaria



En la Ilustración 7, se evidencia que el 62% de las personas encuestadas cursan actualmente una carrera universitaria a comparación del 38%.

Ilustración 8 Aplicación de hormigón permeable en áreas verdes



En la Ilustración 8, se refleja que el 83% de las personas encuestadas estan a favor de la aplicación de hormigón permeable, mientras que el 15% considera que puede ser beneficioso y el 2% no ve un beneficio, por lo tanto; no está a favor.

Análisis de resultados de prueba de filtración en el hormigón permeable

Con el objetivo de evaluar la capacidad de filtración del hormigón permeable en función de las diferentes dosificaciones empleadas, se llevó a cabo un ensayo experimental. En este ensayo se vertió una cantidad de 2 litros de agua sobre cada una de las placas elaboradas. A través de este procedimiento se determinó el tiempo de filtración de cada mezcla, de esta manera, fue posible establecer cuál de las cuatro muestras presenta un mejor rendimiento en términos de capacidad de filtración.

Ilustración 9 En la muestra N°:1 en base a G/A: 100% Grava - 0% Arena

En la primera placa de hormigón permeable elaborada sin arena y con un 100% de grava se observó una filtración completa del agua en un tiempo de 24 segundos, este resultado preliminar se considera favorable, ya que; evidencia una alta capacidad de filtración del hormigón.

En el caso de una mezcla de hormigón permeable compuesta únicamente por grava (100% grava), se plantea la posibilidad de aumentar la proporción de cemento para mejorar la resistencia y adherencia entre los elementos del hormigón.

Ilustración 10 En la muestra N°:2 en base a G/A: 90% Grava - 10% Arena

En la segunda placa de hormigón permeable elaborada con una dosificación de 90% de grava y 10% de arena se registró una filtración completa del agua en un tiempo de 11 segundos.

Este resultado representa el menor tiempo de filtración entre las muestras evaluadas, lo que denota una alta capacidad de infiltración; la incorporación de un pequeño porcentaje de arena en la mezcla parece haber contribuido favorablemente a este desempeño. **Para optimizar la capacidad de filtración del agua en el hormigón permeable, se recomienda incorporar un pequeño porcentaje de arena en la mezcla, l**a presencia de arena fina mejora la compactación del material, lo que a su vez genera una estructura más densa y uniforme con poros de tamaño adecuado para permitir el flujo eficiente del agua. Además, la arena contribuye a mejorar la adherencia entre los áridos, lo que aumenta la resistencia y durabilidad del hormigón permeable.

Ilustración 11 En la muestra N°:3 en base a G/A: 85% - 15% Arena

En la tercera placa de hormigón permeable elaborada con una dosificación de 85% de grava y 15% de arena, se registró una filtración completa del agua en un tiempo de 64 segundos (1 minuto y 4 segundos).

Los resultados obtenidos evidencian una disminución en la capacidad de drenaje en comparación con la placa de hormigón evaluada previamente. Esta observación se atribuye a una reducción de la permeabilidad del hormigón, la cual se ve afectada por la inadecuada cantidad de arena empleada en la mezcla.

No obstante, la mezcla actual presenta una permeabilidad menor a la de las mezclas anteriores, sin observar una anulación total de la capacidad de filtración, sin embargo, esta eficiencia de filtración reducida debe ser considerada en el diseño y aplicación del hormigón, tomando en cuenta las condiciones específicas de uso previstas.

Ilustración 12 En la muestra N°:4 en base a G/A: 80% - 20% Arena

En la cuarta placa de hormigón permeable elaborada con una dosificación de 80% de grava y 20% de arena, se registró una filtración completa del agua en un tiempo de 137 segundos (2 minutos y 17 segundos).

Este resultado asegura la tendencia observada en las placas anteriores, evidenciando una disminución progresiva en la capacidad de filtración a medida que aumenta la proporción de arena en la mezcla. Esta reducción en la permeabilidad se atribuye a la menor cantidad de espacios vacíos o poros generados por la presencia de arena fina, lo que limita el flujo del agua a través del material.

Resultados finales de la prueba de filtración

Como resultados de las pruebas realizadas a las placas de hormigón permeable con diferentes relaciones de grava/arena, se puede observar que el tiempo de filtración aumenta significativamente a medida que

aumenta la proporción de arena en la mezcla. Esto se debe a que la arena ocupa un volumen mayor que la grava, lo que reduce la cantidad de poros disponibles para que el agua fluya a través del material.

Tabla 4 Resultados de prueba de filtración

Resultados de la prueba de filtración de las cuatro muestras		
Numero de prueba	**Relación G/A**	**Tiempo de filtración**
Prueba #1	100% - 0%	24 segundos
Prueba #2	90% - 10%	11 segundos
Prueba #3	85% - 15%	64 segundos
Prueba #4	80% - 20%	137 segundos

Fuente: Elaboración propia

Ilustraciones, Tablas, Figuras

Necesariamente numeradas en forma correlativa que permitan su referencia inmediata en el texto. Con cabeceras apropiadas con sus títulos correspondientes. Leyendas explicativas que aclaren símbolos, abreviaturas, etc. así, también guías de datos, imágenes, estadísticas, etc. Al tratarse de las tablas, éstas determinarán claramente en cada columna un encabezamiento, precisando el tipo de datos que se registran en ella y las unidades de medida que se hubieren utilizado.

CONCLUSIONES

En base a los aspectos analizados en la Universidad Estatal de Milagro (UNEMI), se presenta al hormigón permeable como alternativa sostenible y viable para evitar que la capa superficial de la tierra sea sellada causando un estancamiento del agua que deriva a inundaciones, ayuda a mitigar el colapso de los alcantarillados debido a la inadecuada gestión de las aguas pluviales. Mediante la implementación del hormigón permeable se reduce la escorrentía superficial, el agua se infiltra dando paso a la recarga de acuíferos, disminuye los riesgos a inundaciones y minimiza el efecto isla de calor urbano.

Según las encuestas realizadas a 100 personas se reveló que un gran porcentaje desconoce totalmente del tema del hormigón permeable, por otro lado, después de la breve introducción al tema un 83% se mostró a favor de su aplicación en la universidad, teniendo como resultado una aceptación considerable, presentando la opción a futuro de la implementación de un proyecto piloto para el estudio de los beneficios de este hormigón.

Mediante la prueba de permeabilidad realizada se registraron cuatro diferentes resultados según las dosificaciones empleadas para cada placa de hormigón, según las cantidades de arena se observa una infiltración del agua menor o mayor, por tanto, la proporción de arena es fundamental para determinar

la permeabilidad. La dosificación equilibrada de arena y grava es un factor importante para que el hormigón cumpla con la permeabilidad requerida.

Si bien tiene un costo inicial ligeramente superior, este se compensa con menores costos de mantenimiento, mayor vida útil y significativos beneficios ambientales, mediante el estudio realizado se demuestra la viabilidad técnica, económica y ambiental. El hormigón permeable al ser una alternativa innovadora y sostenible trae muchos beneficios cuidando el recurso hídrico sin que se vea afectado el ciclo del agua, también, promoviendo la creación de microclimas agradables y frescos para la comunidad universitaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ASTM C127-01. (10 de Agosto de 2001). Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate. 6. https://doi.org/10.1520/C0127-01

Bonicelli, A., Giustozzi, F., & Crispino, M. (1 de Agosto de 2015). Estudio experimental sobre los efectos de la adición de arena fina sobre hormigón permeable compactado diferencialmente. *Materiales de Construcción y Construcción, 91*, 102-110. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.05.012

Carrasco Cevallos, K. E., & Peralta Merelo, V. J. (2021). Desarrollo de un sistema de drenaje para la aplicación de hormigón permeable. *Tesis de Ingeniería.* Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Guayaquil, Ecuador. https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/52184

Carrasco, M. F. (Enero-Junio de 2022). Hormigón drenante: diseño, características y aplicaciones. *Revista Hormigón, 61*, 2-16. http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s27189058/k8kj29kpr

Comité ACI 522. (3 de Enero de 2010). Report on Pervious Concrete. *522R-10*, 38. https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal/m/details/id/51663557

ISO 16311-4:2014. (Abril de 2014). Maintenance and repair of concrete structures. *(46)*. https://www.iso.org/es/home

Moya, J., Guitiérez, J., Marroquín, M., & Trejo, J. (19 de Julio de 2022). Diseño de Hormigon Permeable Para el Aprovechamiento de Agua Lluvia en Superficies de Uso Peatonal. *Global Journal of Researches in Engineering, 22*(1). https://gjre.org/index.php/gjre/article/view/185

Nistal Cordero, Á. F., Ruiz Abrio, M. T., & Retana Maqueda, M. J. (3 de Julio de 2012). El hormigón: historia, antecedentes en obras y factores identificativos de su resistencia. *Tecnologia y Desarrollo*, 4-9. https://revistas.uax.es/index.php/tec_des/article/view/577

NTE INEN 2380. (Julio de 2011). Cementos hidráulicos. Requisitos de desempeño para cementos hidráulicos. Ecuador. https://ia802907.us.archive.org/17/items/ec.nte.2380.2011/ec.nte.2380.2011.pdf

Nuñez Herbozo, F. J. (2015). Fabricación de hormigón permeable para canchas de uso múltiple con la utilización de agregados de la provincia de Pichincha. *Tesis de Ingeniería.* Universidad Católica Del Ecuador, Quito, Ecuador. https://repositorio.puce.edu.ec/items/4f81ff7a-67e4-4ea2-8671-f075a0c7a2e4

Pinto, M. R., Carrasco, C. I., & Caballero, K. E. (2018). Estudio y análisis en la dosificación del concreto poroso. *Memorias De Congresos UTP* (págs. 74-76). Universidad Tecnológica de Panamá. https://revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/view/1791

Plan de Desarrollo para el Nuevo Ecuador 2024-2025. (16 de Febrero de 2024). Ecuador. https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2024/02/PND2024-2025.pdf

Real Decreto 1247/2008. (22 de Agosto de 2008). Instrucción de hormigón. España. https://www.transportes.gob.es/organos-colegiados/mas-organos-colegiados/comision-permanente-del-hormigon/cph/instrucciones/ehe-08-version-en-castellano

Rivera Ildefonso, J. C. (2021). Diseño de concreto permeable para su aplicación en pavimentos como sistema de drenaje en la Ciudad de Huánuco. *Tesis de Ingeniería.* Universidad Nacional "Hermilio Valdizán", Huánuco, Perú. https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/6579

Urrutia Saavedra, R. B. (2024). Análisis de la utilización de pavimentos de hormigón permeable para su uso en ciclovías. *Tesis Pregrado.* Universidad de Concepción, Concepción, Chile. http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/11962