



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**Influencia del uso de pavimento permeable de alta
resistencia: una revisión literaria**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER
EN INGENIERÍA CIVIL**

Autor

Coronado Inoñan Edy Javier
<https://orcid.org/0000-0003-2459-3173>

Asesor

Villegas Granados Luis Mariano
<https://orcid.org/0000-0001-5401-2566>

Línea de Investigación

**Tecnología e Innovación en el Desarrollo de la Construcción y la
Industria en un Contexto de Sostenibilidad**

Sublínea de Investigación

Innovación y Tecnificación en Ciencia de los Materiales, Diseño e
Infraestructura

Pimentel – Perú

2024

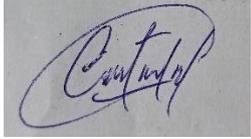
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la DECLARACIÓN JURADA, soy estudiantes del Programa de Estudios de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaramos bajo juramento que soy somos autores del trabajo titulado:

INFLUENCIA DEL USO DE PAVIMENTO PERMEABLE DE ALTA RESISTENCIA: UNA REVISIÓN LITERARIA

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y auténtico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Coronado Inoñan Edy Javier	4690009	
----------------------------	---------	---

Pimentel, 16 de diciembre de 2024

1% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 1%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 1%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

INDICE

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	2
RESUMEN.....	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	7
MATERIALES Y MÉTODOS	8
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	9
CONCLUSIONES	10
REFERENCIAS	11

Influencia del uso de pavimento permeable de alta resistencia: una revisión literaria

Influence of the use of high strength permeable pavement: a literary review

Edy Javier Coronado Inoñan

RESUMEN

El pavimento permeable se utiliza para aliviar las inundaciones en ciudades, pueblos y otras áreas urbanas, pero es propenso a obstruirse porque presenta propiedades mecánicas insuficientes, generando una resistencia relativamente baja lo cual limita su aplicación, también requiere de un mantenimiento regular. Por lo cual este artículo de revisión tiene como objetivo, detallar los métodos empleados para obtener un pavimento permeable de alta resistencia. La metodología empleada fue cualitativa-documental, tomando como referencias artículos de revistas recientemente publicados de base de datos de alto impacto, determinando los principales aportes para un pavimento permeable de alta resistencia. El pavimento permeable surgió como una alternativa de manejo de escurrimientos superficiales. Sin embargo, el material ha sido utilizado empíricamente sin tener una idea clara del comportamiento ya que el comportamiento hidráulico del concreto permeable en los últimos años no fue ampliamente estudiado.

El pavimento permeable de alta resistencia es una alternativa técnica en los últimos años para solucionar dicho problema ya que tiene funciones como permeabilidad, seguridad en la conducción, reducción de ruido, refrigeración.

Palabras clave: Pavimentos, Permeabilidad, Alta Resistencia

ABSTRACT

Pervious pavement is used to relieve flooding in cities, towns and other urban areas, but it is prone to clogging because it has insufficient mechanical properties, generating relatively low resistance which limits its application, it also requires regular maintenance. Therefore, this review article aims to detail the methods used to obtain a high-resistance permeable pavement. The methodology used was qualitative-documentary, taking as references articles from recently published high-impact database magazines, determining the main contributions for a high-resistance permeable pavement. The permeable pavement emerged as an alternative for managing surface runoff. However, the material has been used empirically without having a clear idea of its behavior, since the hydraulic behavior of pervious concrete in recent years has not been widely studied.

High-resistance permeable pavement is a technical alternative in recent years to solve this problem, since it has functions such as permeability, driving safety, noise reduction, and cooling.

Keywords: Pavements, Permeability, High Resistance

INTRODUCCIÓN

Los pavimentos permeables, son utilizados con el objetivo de reducir las inundaciones en pueblos, ciudades u otras áreas urbanas, por ello es propenso a obstruirse y también, su resistencia es relativamente bajo, requiriendo un mantenimiento regular, debido a que las sociedades se han urbanizado cada vez más, eso hace que se vuelvan más vulnerables las inundaciones.

En cuanto a ello, Kia *et al.* (2021) en Inglaterra proponen un pavimento que resiste a la obstrucción y además muy permeable, para ello se enfocaron en diseñar una estructura que sea uniforme y de baja tortuosidad a base de incrustar estructuras de poros de manera recta lo cual permite la infiltración de aguas fluviales. Así también, Yang *et al.* (2022) en China utilizaron estudios de congelación y descongelación para evaluar la porosidad utilizando escorias de acero y concreto reciclado para reducir la contaminación ambiental. Además, Chen *et al.* (2021) en China realizaron trabajos sobre concreto asfáltico permeable lo cual ayuda la detección, limpieza y mantenimiento de los pavimentos asfálticos en su vida útil. Mientras tanto, Feri *et al.* (2021) en Korea proponen una microestructura tridimensional 3D-IWGAN para mejorar el diseño y sea duradera. En tanto que, Vaillancourt *et al.* (2019) en Canadá tiene como objetivos primordiales cuantificar el impacto de PICP para la reducción de las disfunciones hidráulicas. También Chen & Yang (2020) en Taiwán utilizaron una capa de fricción de grado abierto para que el pavimento permeable tenga una vida útil lo cual permite aumentar las ventajas a través del concreto asfáltico poroso (PAC). Sin embargo, Lu *et al.* (2019) en China indican el método para bajar el impacto ambiental del pavimento

convencional (SMA-13), y el (PA Y PU), aplicando el marco LCA; para estudiar y evaluar el ciclo de vida del pavimento permeable. Mientras que, Zhu *et al.* (2019) en China realizan estudios en una carretera de dos sentidos y de seis carreteras más utilizando el sistema de aguas pluviales (SWMM), con el propósito de reducir la escorrentía superficial y el pico de inundaciones. Mientras tanto, Sun *et al.* (2019) en China construyeron modelos tridimensionales de elementos finitos para pavimentos asfálticos con acoplamiento de agua-aire-fuerza basados en la teoría de la filtración no saturada. Por su parte, Saadeh (2019) en Estados Unidos realizan investigaciones a través de la construcción de dos secciones de prueba que conllevan el asfalto y el concreto de la Universidad de California. No obstante, Aryan *et al.* (2019) en India, los pavimentos permeables son una opción ya que son eficientes, efectivos y económicos para recuperar los niveles de agua subterránea que se han perdido debido al abuso excesivo. Mientras que, Bateni *et al.* (2019) en Malasia, su objetivo con respecto al PP, es la investigación del rendimiento hidrológico del pavimento permeable a través de un simulador de lluvia con sistema de almacenamiento de detención a microescala. Así como, Yang *et al.* (2022) en China, su estudio se basó en los principios de MICP, de las propiedades mecánicas e hidráulica con el propósito de tener pavimento totalmente permeable potente. Para, Hashim *et al.* (2022) en Iraq, su proceso de investigación es a través de infiltración de agua para disminuir la escorrentía. Así mismo, Ge *et al.* (2022) en China realizaron trabajos de modelos 3D de elementos finitos de la prueba MMLS. Para, Jia *et al.* (2022) en China con ayuda de la base UGM, se propone la mejora del pavimento con el fin de inspeccionar la calidad con las pruebas UTM y las pruebas LWD en campo.

Al respecto, Fwa (2021) en Singapur hace estudios para mejorar los problemas de seguridad de los pavimentos mojados a velocidades en funcionamientos del vehículo en condiciones del clima húmedo. Así mismo Inti *et al.* (2021) en USA se realiza estudios del hormigón celular permeable de baja densidad (PLDCC), utilizado como capa de subbase. Mientras que, Wang *et al.* (2022) en China, el hormigón permeable los refuerza con fibras de basalto, compuestos por áridos gruesos y materiales cementados. Además, Guo *et al.* (2020) en China, se propone el uso de los residuos de esquistos bituminosos en reemplazo del agregado fino con el fin de que la mezcla presente una alta permeabilidad. No obstante, Alber *et al.* (2019). En Alemania, presentan una metodología artificial para obtener relaciones cuantitativas y una comparación de diferentes estructuras, para el pavimento poroso. Por su parte, Skaf *et al.* (2019). En España, se centran en un estudio de la viabilidad de reducir las mezclas que contengan exclusivamente áridos de escoria siderúrgica (sin utilizar áridos naturales ni rellenos). Con perspectiva de Li *et al.* (2019). En china, crearon 24 tipos de mezclas con relación de agua y cemento A/C para obtener una mayor resistencia al agua. Respecto a, Tabatabaeian, Khaloo & Khaloo (2019). En Irán, crean un innovador hormigón de altas prestaciones con resinas de poliéster y epoxi. Mientras que, Tang, Cheng & Tsai (2019). En Taiwán, el diseño de mezclas arrojó que la proporción de material cementoso, es el factor que más perjudica la resistencia a la compresión.

Frente a las soluciones dadas, de la presente investigación, lo cual conlleva a realizar una revisión documental del estado del arte con el propósito de dar las soluciones correspondientes a los pavimentos permeables, con el objetivo general de analizar la influencia del uso del pavimento

permeable de alta resistencia y como objetivo específico el conocer las características físico-mecánicas del pavimento permeable.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente estado de arte sobre la influencia del uso de pavimento permeable de alta resistencia se consideró una metodología de análisis cualitativo-documental, para su búsqueda de los artículos se usaron las palabras clave: pavement; permeability; pore structure; high resistance en los cuales se identificó objetivos, metodología, resultados, discusión y conclusión.

El presente artículo se elaboró recopilando información de reconocidas bases de datos como Scopus, ScienceDirect, ResearchGate, IOP Science y ASCE. Se encontraron 51 artículos de los cuales fueron 15 de Scopus, 24 de Science Direct, 10 de Research Gate, 1 de IOP Science y 1 de ASCE. De los cuales 38 artículos fueron publicados de 2019-2020 y 13 artículos de 2021-2022.

Tabla. 1 Base de datos y año de publicación

Base de datos	Año de publicación		Total
	2019-2020	2021-2022	
Scopus	10	5	15
Science Direct	16	8	24
Research Gate	10	-	10
IOP Science	1	-	1
ASCE	1	-	1
Total	38	13	51

Para la revisión de la información se buscó y analizó la calidad de los artículos de los cuales se escogieron los que tenían mayor relación en los objetivos y resultados. Finalmente, la información se organizó, combinando resultados de los artículos y resumiendo de manera crítica, en los cuales se presenta el desarrollo y discusión del tema de interés.

Tabla.2 *Resumen Resultados*

Autor (es)	País, Ciudad	Objetivo, Metodología	Resultados
Chai et al. (2020)	China	Estudian los efectos a los ciclos de congelación y descongelación.	Para regiones de congelación estacional es inferior al 21% de vacíos de la PAM
Fernández et al. (2021)	España	Analizaron infraestructuras a medianos plazos bajo regímenes de lluvia atlánticos y Mediterráneos.	Diferencias en la cantidad y principalmente en la calidad del agua infiltrada a través de los PP.
Kayhanian et al. (2019)	China	Proponen el uso de pavimentos permeables de profundidad total (FDPP)	El FDPP es la mejor práctica de gestión de escorrentía de aguas pluviales.
Adil, et al. (2020)	USA	Determinar cómo el humo de sílice influye en una variedad de propiedades y durabilidad del concreto permeable	Alrededor del 5% de humo de sílice produjo el mejor rendimiento de mayor trabajabilidad, resistencia y durabilidad.
Wang et al. (2022)	China	Proponen un método de simulación numérica del pavimento permeable a la fibra de basalto, bajo diferentes longitudes de fibra.	Para la longitud de 24 mm un incremento de 23.9% y 29.8% en la resistencia a la compresión y tracción respectivamente.
Juradin et al. (2021)	Croacia	Obtener mejores propiedades del pavimento permeable con adición de fibras.	En mezclas compactadas las cuales son vibradas en corta duración en comparación cuando se incorporaron fibras ya que casi siempre afectó negativamente la porosidad.
Zhou et al. (2019)	EE.UU.	Influencia de las características de los poros y las partículas de obstrucción en el pavimento permeable.	El tamaño de los poros podría determinar si las partículas de obstrucción pueden bloquear o pasar a través de los poros o no.
Sandoval et al. (2020)	Brasil	Simuló un taponamiento de un pavimento con el fin de determinar la periodicidad de limpieza.	La periodicidad media fue más eficiente ya que garantizaba grandes recuperaciones de permeabilidad.
Lazzari et al. (2020)	Brasil	Elaboraron pavimento usando áridos reciclados.	La incorporación de 10% de cenizas volantes en el pavimento con 75% de agregado reciclado mostró un aumento de 6% en la tendencia al taponamiento.
Shareedah et al. (2019)	EE.UU.	Se realizó pruebas de fatiga de flexión en vigas de concreto permeable con 2 agregados (basalto triturado y gravilla)	La fatiga de pavimento de hormigón (PC) está controlada principalmente por el nivel de estrés (SR), además que la porosidad del 20% al 30% no influyen al comportamiento.

Sandoval *et al.* (2020); Nan *et al.* (2020); Ma *et al.* (2020) proponen el análisis de obstrucción del pavimento de micropartículas con diferentes tamaños en la superficie del suelo obteniéndose que concuerdan que mientras más finos son los sedimentos, mayor es la influencia en el fenómeno de colmatación, alcanzándose reducciones máximas de permeabilidad superiores al 95%. Ya que, en la etapa inicial de filtración, la rápida formación de obstrucción de las partículas en la capa superficial conduce a una evidente disminución del coeficiente de permeabilidad.

Zhao *et al.* (2019); Nan *et al.* (2019) investigaron la distribución de la calidad y el tamaño de los vacíos de aire internos y los problemas de obstrucción en el concreto permeable. Coincidiendo que los poros interconectados no válidos se distribuyen cerca del área central de la muestra y que los poros interconectados válidos se distribuyen ligeramente más cerca del margen exterior.

Zhao & Zhu (2019), estudiaron el comportamiento de lixiviación de metales pesados (Pb, Zn, Cu y Cr) demostrando ser seguro para riego y tendría muy poco impacto negativo en la calidad del agua superficial y subterránea circundante.

Cui *et al.* (2020); Chen *et al.* (2019); Cornelis & Lucke. (2019) concuerdan en que los pavimentos probados tenían capacidades de infiltración superiores a 194 mm/h. Para Cui *et al.* (2020) concluyó que la obstrucción se puede resolver rodeando el pavimento con geotextil.

Wang *et al.* (2020); Pilz *et al.* (2019) proponen incorporar escoria de acero (SS) como reemplazo del agregado natural donde concuerdan que la incorporación de SS muestra impactos positivos en compresión, tracción por división, flexión. Por otro lado, está la investigación de Hassan, Kianmehr & Zouaoui (2019), donde investigaron la

incorporación agregados de concreto reciclado (RCA) en los cuales también se incorporó escoria, donde se resalta que la incorporación de fibra mejora la capacidad de usar concreto RCA permeable en aplicaciones de pavimento.

Dai *et al.* (2020); Xie, Akin & Shi (2019); Shareedah & Nassiri (2019); Lopes, Dinis & Sena (2019) analizan las propiedades mecánicas del hormigón permeable, coinciden que la resistencia a la tracción ya la compresión del concreto permeable aumenta gradualmente a medida que aumenta el tamaño de partícula del agregado grueso sin sacrificar sus propiedades de infiltración. Ya que la escorrentía de aguas pluviales se puede gestionar bien y la calidad del agua subterránea se puede mejorar a través del proceso de infiltración de agua.

CONCLUSIONES

Los autores mencionados, presentan muchos métodos y estudios para mejorar el pavimento permeable, debido a que se somete a muchos percances sobre todo por lluvias. Presentaron pruebas de taponamiento de PC con diferentes porosidades, también incluyen fibras incluso el reemplazo de agregados para la elaboración de pavimento permeable. El CRP propuesto fue probado y comparado con una amplia gama de hormigones permeables, tanto preparados en laboratorio como disponibles comercialmente. Obteniéndose resultados favorables de permeabilidad lo cual es primordial en los pavimentos permeables, varios autores proponen alternativas de incorporación de materiales reciclados, desecho con el fin de contribuir a la reducción de la contaminación ambiental, sin perder sus propiedades mecánicas del pavimento permeable.

Se encuentra que la ecuación de regresión cuadrática de la resistencia a la compresión de los especímenes tiene un mejor ajuste después de la congelación-descongelación. se predice que cuando la porosidad de la PC es 18,31 % y la relación a/c es 0,41, el valor de resistencia de la muestra es el más grande después de 75 ciclos de congelación y descongelación, y su valor puede llegar a 18,73 MPa. Con una porosidad equivalente, la resistencia a la compresión del CRP es aproximadamente el doble que la del PC convencional. Esto mejorará en gran medida la capacidad de los ingenieros y planificadores urbanos para mitigar las inundaciones urbanas y, a largo plazo, permitirá el diseño y despliegue de una nueva generación de infraestructura resistente a inundaciones.

REFERENCIAS

- Adil, G., Kevern, J. T. & Mann, D. (2020). Influence of silica fume on mechanical and durability of pervious concrete. [Influencia del humo de sílice en la mecánica y durabilidad del hormigón permeable]. *Construction and Building Materials*, 247, 118453. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118453>
- Alber, S., Ressel, W., Liu, P., Lu, G., Wang, D. & Oeser, M. (2019). Analyzing the effects of clogging of PA internal structure with artificial soiling experiments. [Análisis de los efectos de la obstrucción de la estructura interna de PA con experimentos de ensuciamiento artificial]. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 8(4), 383-393. <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2019.06.001>
- Aryan, K., Gupta, A. K., & Agrawal, K. (2019). Permeable roads and pavements for ground water replenishing water drinking concrete. [Carreteras y pavimentos permeables para la reposición de aguas subterráneas de agua potable de hormigón]. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(2 Special Issue 8), 941-945. <https://doi.org/10.35940/ijrte.B1179.0882S819>
- Batani, N., Lai, S. H., Putuhena, F. J., Mah, D. Y. S., Mannan, M. A. & Chin, R. J. (2019). Hydrological performances on the modified permeable pavement with precast hollow cylinder micro detention pond structure. [Comportamiento hidrológico en el pavimento permeable modificado con estructura de microestanque de detención de cilindro hueco prefabricado]. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 23(9), 3951-3960. <https://doi.org/10.1007/s12205-019-2271-8>
- Chai, C., Cheng, Y., Zhang, Y., Chen, Y. & Zhu, B. (2020). Experimental study on the performance decay of permeable asphalt mixture in seasonally frozen regions under freeze-thaw cycles. [Estudio experimental sobre el deterioro del rendimiento de la mezcla asfáltica permeable en regiones congeladas estacionalmente bajo ciclos de congelación-descongelación]. *Sustainability (Switzerland)*, 12(7) <https://doi.org/10.3390/su12072966>
- Chen, J. S., Yang, C. H. & Lee, C. T. (2019). Field evaluation of porous asphalt course for life-cycle cost analysis.

- [Evaluación de campo de una capa de asfalto poroso para el análisis del costo del ciclo de vida]. *Construction and Building Materials*, 221, 20-26. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.06.072>
- Chen, J., & Yang, C. H. (2020). Porous asphalt concrete: A review of design, construction, performance and maintenance. [Hormigón asfáltico poroso: una revisión del diseño, la construcción, el rendimiento y el mantenimiento]. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 13(6), 601-612. <https://doi.org/10.1007/s42947-020-0039-7>
- Chen, S., Lin, X., Zheng, C., Guo, X., & Chen, W. (2021). Evaluation of siltation degree of permeable asphalt pavement and detection of noise reduction degree. [Evaluación del grado de colmatación de pavimento asfáltico permeable y detección del grado de reducción del ruido]. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(1), 1-18. <https://doi.org/10.3390/app11010349>
- Cornelis, F. & Lucke, T. (2019). Long-Term Infiltration Performance Evaluation of Dutch Permeable Pavements Using the Full-Scale Infiltration Method. [Evaluación del rendimiento de infiltración a largo plazo de pavimentos permeables holandeses utilizando el método de infiltración a gran escala]. *Water*, 11(2), 320. [10.3390/w11020320](https://doi.org/10.3390/w11020320)
- Cui, X., Zhang, J., Wang, J., Zhang, J., Qi, H. & Li, J. (2020). X-ray CT based clogging analyses of pervious concrete pile by vibrating-sinking tube method. [Análisis de obstrucción basados en tomografía computarizada de rayos X de pilotes de hormigón permeable mediante el método de tubo de hundimiento vibratorio]. *Construction and Building Materials*, 262,120075. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120075>
- Dai, S., Wu, X., Zhou, H. & Li, W. (2019). Experimental Study on Mechanical Properties of Permeable Concrete. [Estudio Experimental de Propiedades Mecánicas del Concreto Permeable]. *Earth and Environmental Science*, 233, 032037. [10.1088/1755-1315/233/3/032037](https://doi.org/10.1088/1755-1315/233/3/032037)
- Elizondo, E. J., Andrés, V. C., Jato, D. & Rodriguez, J. (2020). Review of porous concrete as multifunctional and sustainable pavement. [Revisión del hormigón poroso como pavimento multifuncional y sostenible]. *Journal of Building Engineering*, 27, 100967. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100967>
- Feri, L. E., Ahn, J., Lutfillohonov, S., & Kwon, J. (2021). A three-dimensional microstructure reconstruction framework for permeable pavement analysis based on 3d-iwgan with enhanced gradient penalty. [Un marco de reconstrucción de microestructura tridimensional para el análisis de pavimento permeable basado en 3d-iwgan con penalización de gradiente mejorada]. *Sensors*, 21(11). <https://doi.org/10.3390/s21113603>
- Fernández, M., Hernández, C., Martín, M. & Doménech, I. A. (2021). Comparison of permeable pavements effluent under Atlantic and Mediterranean rainfall regimes: A mid-term laboratory experience. [Comparación de efluentes de pavimentos permeables bajo régimen pluviométrico atlántico y

- mediterráneo: una experiencia de laboratorio a medio plazo]. *Building and Environment*, 206, 108332. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108332>
- Fwa, T. F. (2021). Determination and prediction of pavement skid resistance—connecting research and practice. [Determinación y predicción de la resistencia al deslizamiento del pavimento: investigación y práctica de conexión]. *Journal of Road Engineering*, 1, 43-62. <https://doi.org/10.1016/j.jreng.2021.12.001>
- Ge, N., Li, H., Yang, B., Fu, K., Yu, B. & Zhu, Y. (2022). Mechanical responses analysis and modulus inverse calculation of permeable asphalt pavement under dynamic load. [Análisis de respuestas mecánicas y cálculo de módulo inverso de pavimento asfáltico permeable bajo carga dinámica]. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 11(2), 234-254. <https://doi.org/10.1016/j.ijst.2021.03.007>
- Guo, W., Guo, X., Chen, X., Li, Y., Li, Z., An, Y., & Dai, W. (2020). Laboratory evaluation of the permeability durability of utilization of oil shale waste as fine aggregate in open grade friction course in seasonal frozen regions. [Evaluación de laboratorio de la durabilidad de la permeabilidad de la utilización de residuos de esquisto bituminoso como agregado fino en curso de fricción de grado abierto en regiones heladas estacionales]. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/app10010419>
- Hashim, T. M., Al-Mulali, M. Z., Al-Khafaji, F. F., Ameer, A. A. & Ameer, Y. (2022). An experimental comparison between different types of surface patterns of permeable interlocking concrete pavement for roadway subsurface drainage. [Una comparación experimental entre diferentes tipos de patrones de superficie de pavimento de hormigón entrelazado permeable para el drenaje del subsuelo de la carretera]. *Case Studies in Construction Materials*, 17, e01227. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01227>
- Hassan, H., Kianmehr, P. & Zouaoui, S. (2019). Properties of pervious concrete incorporating recycled concrete aggregates and slag. [Propiedades del hormigón permeable que incorpora áridos y escorias de hormigón reciclado]. *Construction and Building Materials*, 212, 164-175. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.325>
- Inti, S., Evans, T. W., Flores, M., Singh, J. & Chandramouli, C. V. (2021). Permeable low-density cellular concrete (PLDCC) as a replacement for aggregate layers in permeable parking lots. [Concreto celular permeable de baja densidad (PLDCC) como reemplazo de capas de agregados en estacionamientos permeables]. *Developments in the Built Environment*, 8, 100060. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2021.10.0060>
- Jia, M., Li, H., Ma, G., Zhang, X., Yang, B., Tian, Y. & Zhang, Y. (2022). Investigation on permanent deformation of unbound granular material base for permeable pavement: Laboratory and field study. [Investigación sobre la deformación

- permanente de material granular libre base para pavimento permeable: Estudio de laboratorio y de campo]. *International Journal of Transportation Science and Technology*.
<https://doi.org/10.1016/j.ijst.2022.03.003>
- Juradin, S., Netinger-Grubeša, I., Mrakovcic, S. & Jozic, D. (2021). Impact of fibre incorporation and compaction method on properties of pervious concrete. [Impacto de la incorporación de fibras y del método de compactación en las propiedades de hormigones porosos]. *Materiales De Construccion*, 71(341)
<https://doi.org/10.3989/MC.2021.08020>
- Kayhanian, M., Li, H., Harvey, J. T. & Liang, X. (2019). Application of permeable pavements in highways for stormwater runoff management and pollution prevention: California research experiences. [Aplicación de pavimentos permeables en carreteras para la gestión de escorrentía de aguas pluviales y prevención de la contaminación: experiencias de investigación de California]. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 8(4), 358-372.
<https://doi.org/10.1016/j.ijst.2019.01.001>
- Kia, A., Wong, H. S., & Cheeseman, C. R. (2021). High-strength clogging resistant permeable pavement. [Pavimento permeable resistente a la obstrucción de alta resistencia]. *International Journal of Pavement Engineering*, 22(3), 271-282.
<https://doi.org/10.1080/10298436.2019.1600693>
- Lazzari, G., Zamboni, J., Moraes, Da Silva, S. R. & De Oliveira, J.J. (2020). Influence of recycled aggregate replacement and fly ash content in performance of pervious concrete mixtures. [Influencia del reemplazo de agregados reciclados y contenido de cenizas volantes en el desempeño de mezclas de concreto permeable]. *Journal of Cleaner Production*, 271, 122665.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122665>
- Li, L.G, Feng, J.J., Zhu, J., Chu, S.H. & Kwan, K.W. (2019). Pervious concrete: Effects of porosity on permeability and strength. [Hormigón permeable: efectos de la porosidad sobre la permeabilidad y la resistencia]. *Magazine of Concrete Research*, 73(2), 1-35.
[10.1680/jmacr.19.00194](https://doi.org/10.1680/jmacr.19.00194)
- Lopes, M., Dinis, M. & Sena, C. (2019). Characterization of the Skid Resistance and Mean Texture Depth in a Permeable Asphalt Pavement. [Caracterización de la Resistencia al Deslizamiento y Profundidad Media de Textura en un Pavimento Asfáltico Permeable]. *Materials Science and Engineering*, 471, 022029.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/471/2/022029>
- Lu, G., Wang, Y., Li, H., Wang, D., & Oeser, M. (2019). The environmental impact evaluation on the application of permeable pavement based on life cycle analysis. [La evaluación de impacto ambiental de la aplicación de pavimentos permeables basada en el análisis del ciclo de vida]. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 8(4), 351-357.

- <https://doi.org/10.1016/j.ijst.2019.05.006>
- Ma, X., Wang, H. & Zhou, P. (2020). Novel Gradation Design of Porous Asphalt Concrete with Balanced Functional and Structural Performances. [Novedoso diseño de gradación de concreto asfáltico poroso con desempeño estructural y funcional balanceado]. *Applied Sciences*, 10(20), 7019. [10.3390/app10207019](https://doi.org/10.3390/app10207019)
- Ma, X., Zhou, P., Jiang, J. & Hu, X. (2020). High-temperature failure of porous asphalt mixture under wheel loading based on 2D air void structure analysis. [Falla por alta temperatura de una mezcla asfáltica porosa bajo carga de rueda basada en análisis de estructura de vacíos de aire 2D]. *Construction and Building Materials*, 252, 119051. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119051>
- Nan, X., Wang, Z., Hou, J. y Tong, Y. & Li, B. (2021). Clogging mechanism of pervious concrete: From experiments to CFD-DEM simulations. [Mecanismo de obstrucción del hormigón permeable: de los experimentos a las simulaciones CFD-DEM]. *Construction and Building Materials*, 270, 121422. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121422>
- Nan, X., Zhang, M. Liu, Y. & Wang, J. (2019). Flow field analysis of micro particles passing through pervious concrete. [Análisis de campo de flujo de micropartículas que atraviesan hormigón permeable]. *Materials Science and Engineering*, 493, 012006. [10.1088/1757-899X/493/1/012006](https://doi.org/10.1088/1757-899X/493/1/012006)
- Pilz, S. E., Oliveira, P. Regoso, F. & Paulon, V.A. (2019). Pervious concrete: study of dosage and polypropylene fibers addiction. [Hormigón permeable: estudio de dosificación y adicción de fibras de polipropileno]. *Ibracon*, 12(1), 101-121. [10.1590/S1983-41952019000100009](https://doi.org/10.1590/S1983-41952019000100009)
- Saadeh, S., Ralla, A., Al-Zubi, Y., Wu, R., & Harvey, J. (2019). Application of fully permeable pavements as a sustainable approach for mitigation of stormwater runoff. [Aplicación de pavimentos totalmente permeables como un enfoque sostenible para la mitigación de la escorrentía de aguas pluviales]. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 8(4), 338-350. <https://doi.org/10.1016/j.ijst.2019.02.001>
- Sandoval, G., Campos, A., Inocente, E., Casanova, A. & Martins, B. (2020). Proposal of maintenance methodology for pervious concrete (PC) after the phenomenon of clogging. [Propuesta de metodología de mantenimiento del hormigón permeable (PC) tras el fenómeno de colmatación]. *Construction and Building Materials*, 248, 118672. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118672>
- Sandoval, G., Galobardes, I., Campos, A. & Toralles, B. (2020). Assessing the phenomenon of clogging of pervious concrete (Pc): Experimental test and model proposition. [Evaluación del fenómeno de colmatación del hormigón permeable (Pc): ensayo experimental y propuesta de modelo]. *Journal of Building Engineering*, 29, 101203.

- <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101203>
- Shareedah, O. & Nassiri, S. (2019). Methodology for Mechanistic Design of Pervious Concrete Pavements. [Metodología para el Diseño Mecanicista de Pavimentos de Concreto Permeable]. *Journal of Transportation Engineering*, 145(2), 2573-5438.
<https://doi.org/10.1061/JPEODX.0000117>
- Shareedah, O., Nassiri, S. & Dolan, J. D. (2019). Pervious concrete under flexural fatigue loading: Performance evaluation and model development. [Concreto permeable bajo carga de fatiga por flexión: evaluación del desempeño y desarrollo de modelos]. *Construction and Building Materials*, 207, 17-27.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.02.111>
- Skaf, M., Pasquini, E., Revilla, V. & Ortega, V. (2019). Performance and Durability of Porous Asphalt Mixtures Manufactured Exclusively with Electric Steel Slags. [Desempeño y Durabilidad de Mezclas Asfálticas Porosas Fabricadas Exclusivamente con Escorias de Acero Eléctrico]. *Materials*, 12(20), 3306.
[10.3390/ma12203306](https://doi.org/10.3390/ma12203306)
- Sun, Y., Guo, R., Wang, X., & Ning, X. (2019). Dynamic response characteristics of permeable asphalt pavement based on unsaturated seepage. [Características de respuesta dinámica del pavimento asfáltico permeable basado en filtraciones no saturadas]. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 8(4), 403-417.
<https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2019.09.005>
- Tabatabaeian, M., Khaloo, A. & Khaloo, H. (2019). An innovative high performance pervious concrete with polyester and epoxy resins. [Un innovador hormigón permeable de altas prestaciones con resinas de poliéster y epoxi]. *Construction and Building Materials*, 228, 116820.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116820>
- Tang, C. W., Cheng, C. K. & Tsai, C. Y. (2019). Mix Design and Mechanical Properties of High-Performance Pervious Concrete. [Diseño de mezclas y propiedades mecánicas del hormigón permeable de alto rendimiento]. *Materials*, 12(16), 2577.
[10.3390/ma12162577](https://doi.org/10.3390/ma12162577)
- Vaillancourt, C., Duchesne, S., & Pelletier, G. (2019). Hydrologic performance of permeable pavement as an adaptive measure in urban areas: Case studies near montreal, canada. [Desempeño hidrológico del pavimento permeable como medida adaptativa en áreas urbanas: estudios de caso cerca de Montreal, Canadá]. *Journal of Hydrologic Engineering*, 24(8).
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0001812](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001812)
- Wang, S., Zhang, G., Wang, B. & Wu, M. (2020). Mechanical strengths and durability properties of pervious concretes with blended steel slag and natural aggregate. [Resistencias mecánicas y propiedades de durabilidad de hormigones permeables con mezcla de escoria siderúrgica y árido natural]. *Journal of Cleaner Production*, 271, 122590.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122590>

- Wang, W., Zhu, J., Cheng, X., Liu, S., Jiang, D. & Wang, W. (2022). Numerical simulation of strength of basalt fiber permeable concrete based on CT technology. [Simulación numérica de la resistencia del hormigón permeable con fibra de basalto basada en la tecnología CT]. *Case Studies in Construction Materials*, 17, e01348. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01348>
- Xie, N., Akin, M. & Shi, X. (2019). Permeable concrete pavements: A review of environmental benefits and durability. [Pavimentos de hormigón permeable: una revisión de los beneficios ambientales y la durabilidad]. *Journal of Cleaner Production*, 210, 1605-1621. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.134>
- Yang, B., Li, H., Li, H., Ge, N., Ma, G., Zhang, H. Zhang, X. & Zhuang, L. (2022). Experimental investigation on the mechanical and hydraulic properties of urease stabilized fine sand for fully permeable pavement. [Investigación experimental sobre las propiedades mecánicas e hidráulicas de arena fina estabilizada con ureasa para pavimento totalmente permeable]. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 11(1), 60-71. <https://doi.org/10.1016/j.ijst.2020.12.002>
- Yang, C., Shah, I., Jing, W., Khan, N., & Jing, L. (2022). Comprehensive test and evaluation analysis of permeable concrete (PC) clogging by using steel slag. [Análisis integral de prueba y evaluación de la obstrucción del hormigón permeable (PC) mediante el uso de escoria de acero]. *Advances in Civil Engineering*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/2866776>
- Zhao, Y. & Zhu, Y. (2019). Metals Leaching in Permeable Asphalt Pavement with Municipal Solid Waste Ash Aggregate. [Lixiviación de Metales en Pavimentos Permeables de Asfalto con Agregados de Cenizas de Residuos Sólidos Municipales]. *Water*, 11(10), 2186. [10.3390/w11102186](https://doi.org/10.3390/w11102186)
- Zhao, Y., Wang, X., Jiang, J. & Zhou, L. (2019). Characterization of interconnectivity, size distribution and uniformity of air voids in porous asphalt concrete using X-ray CT scanning images. [Caracterización de la interconectividad, distribución de tamaño y uniformidad de los vacíos de aire en el hormigón asfáltico poroso utilizando imágenes de exploración por tomografía computarizada de rayos X]. *Construction and Building Materials*, 213, 182-193. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.04.056>
- Zhou, H., Li, H., Abdelhady, A., Liang, X., Wang, H. & Yang, B. (2019). Experimental investigation on the effect of pore characteristics on clogging risk of pervious concrete based on CT scanning. [Investigación experimental sobre el efecto de las características de los poros en el riesgo de obstrucción del hormigón permeable basado en la tomografía computarizada]. *Construction and Building Materials*, 212, 130-139. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.310>
- Zhu, H., Yu, M., Zhu, J., Lu, H., & Cao, R. (2019). Simulation study on effect of permeable pavement on reducing flood risk of urban runoff. [Estudio de

simulación del efecto del pavimento permeable en la reducción del riesgo de inundación por escorrentía urbana]. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 8(4), 373-382. <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2018.12.001>

