

Bioconcreto: la ingeniería viva que transformará las carreteras de Colombia

Bioconcrete: the living engineering that will transform Colombia's roads
MONTES-PADILLA, JOSE¹*, GUERRERO-LÓPEZ, ANTONIO¹, CASTRO-ARROYO,
ALEJANDRO¹, AMADO-CRUZ, HEISSON¹

¹Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Sucre. Cra. 28 #5-267, Puerta Roja, Sincelejo, Sucre, Colombia.

* Autor por correspondencia: jose.montes@unisucrevirtual.edu.co

Recibido: 26 de mayo de 2025

Aceptado: 09 de noviembre de 2025

Publicado: 24 de noviembre de 2025

Resumen

El Bioconcreto es una opción para considerar como material para construir infraestructuras viales. Se realiza un análisis que examina la composición y fabricación del bioconcreto con el fin de determinar su costo de producción en modalidad de Análisis de Precio Unitario (APU) y las ventajas que este material ofrece frente a las alternativas tradicionales, considerando diversos criterios como la durabilidad, el precio, la mejora en la capacidad de carga del material y la sustentabilidad. Esto sin dejar de lado los obstáculos que surgen al emplear alternativas nuevas o en procedimientos de estudio, en comparación con los concretos tradicionales que ya ha sido observado en el ámbito de la construcción. Estos retos incluyen: la implementación, la seguridad, la complejidad, la escasa o casi nula regulación normativa, la viabilidad y otros más. Retos que no son para nada recientes, especialmente en situaciones parecidas que impliquen la investigación y puesta en práctica de la innovación sobre lo ya observado de manera tradicional.

Palabras clave: *Bioconcreto, vías, innovación, sostenibilidad, infraestructuras, alternativas.*

Abstract

Bioconcrete is a viable option for constructing road infrastructure. An analysis is conducted examining the composition and manufacturing process of bioconcrete to determine its

production cost using a Unit Price Analysis (UPA) and the advantages it offers compared to traditional alternatives. This analysis considers various criteria such as durability, price, improved load-bearing capacity, and sustainability. It also addresses the challenges that arise when employing new alternatives or procedures under study, compared to traditional concretes, as has been observed in the construction industry. These challenges include implementation, safety, complexity, limited or almost nonexistent regulatory frameworks, feasibility, and others. These challenges are not new, especially in similar situations involving research and implementation of innovations based on traditional practices.

Keywords: *Nutrients, phosphorus, constructed wetlands, ornamental plants.*

1. Introducción

Debido a su gran versatilidad o durabilidad, el concreto es el material más usado en la construcción. No obstante, su resistencia está determinada por la forma en que es elaborado, colocado y curado, y puede ser impactada por el entorno, la calidad del material, la fuerza laboral y el paso del tiempo. Los esfuerzos de compresión y tracción provocan el deterioro, que a su vez causa la aparición de grietas y fisuras. El origen de estas fisuras y grietas está vinculado a "fenómenos naturales, como la sobrecarga, los movimientos del suelo o las fluctuaciones de temperatura que pueden provocar corrosión en las armaduras" (Sotomayor, 2020). Es fundamental prevenir fisuras o grietas, porque estas exponen el acero al exterior y pueden provocar corrosión si la estructura tiene acero.

A medida que la tecnología progresa, han surgido aditivos que se combinan con el concreto para incrementar su durabilidad, entre los cuales están las inyecciones de pasta y resinas, así como los aditivos impermeables; no obstante, esto encarece y eleva la producción y provoca que el material contamine más debido al aumento de las emisiones de dióxido de carbono. El bioconcreto es el material que se presenta aquí, un elemento que combina la ingeniería civil con la biología. Fue presentado por el profesor Henk Jonkers en 2015 (Stewart, 2015; Jonkers, 2015), un científico de los Países Bajos. El bioconcreto tiene el potencial de

repararse a sí mismo, lo que podría resolver el problema de las fracturas y grietas en las infraestructuras civiles.

2. Desarrollo

En Colombia, las vías en mal estado tienen un impacto considerable sobre el desarrollo económico de las ciudades y la calidad de vida de la población. Esto se evidencia en carreteras deterioradas con baches y grietas, que dificultan la movilidad, aumentan el peligro de accidentes viales y encarecen el mantenimiento vehicular. La ausencia de mantenimiento periódico es una de las causas más importantes. La construcción y el mantenimiento de carreteras requieren una inversión alta, y normalmente el presupuesto municipal destinado es escaso.

El bioconcreto es una alternativa novedosa y sustentable para optimizar la durabilidad de las rutas de transporte y disminuir el costo del mantenimiento. Este material tiene la capacidad de repararse automáticamente a través de bacterias que se activan con la humedad como se muestra en la figura 1, donde se muestra el proceso de precipitación de carbonato de calcio por acción bacteriana en el bioconcreto. Proceso que se facilita en climas como el colombiano, donde las épocas de invierno intensas pueden hacer que las vías se deterioren más rápidamente.

Respecto a los costos, la implementación de este suele ser más alta que la del concreto convencional. No obstante, sus costos de mantenimiento son más bajos. El deterioro del material es menor, lo que disminuye de forma importante las intervenciones y arreglos, lo que se traduce en un ahorro de costos de mantenimiento a largo plazo.



Figura 1. Mecanismo de acción del bioconcreto. *Fuente.* Adaptado de Pensemos Verde, 2016.

El bioconcreto es una combinación de concreto tradicional y lactato de calcio, el lactato de calcio funciona como alimento para bacterias llamadas bacilos que al alimentarse multiplicarse general la piedra caliza que un periodo de tres semanas reparara las grietas existentes. “El tipo de bacteria que se utiliza es la bacteria Bacillus en el concreto como agente repararte es dividido a que su membrana gruesa permite que sobreviva en condiciones y ambientes entremos” (Asenjo-Alarcón, 2019; Alshalif et al., 2016), (figura 2).

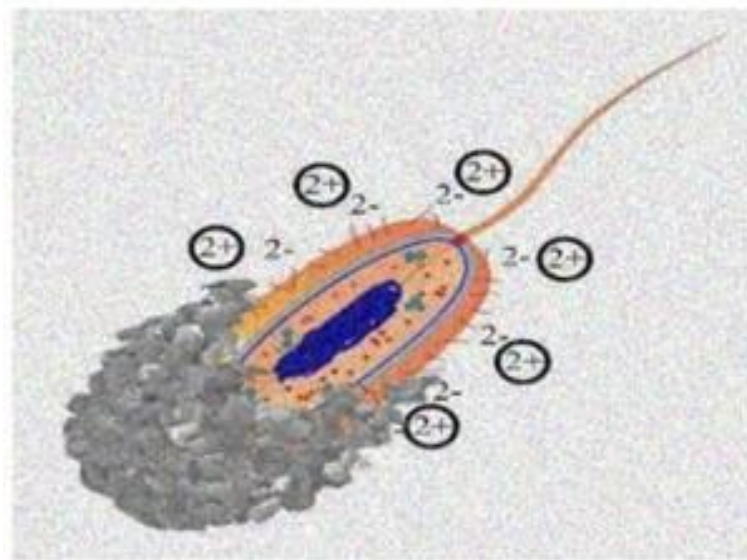


Figura 2. Precipitación mineral para la producción de calcita. Fuente: (Seifan et al., 2016).

2.1. Resistencia mecánica

Con el fin de contrastar la resistencia del bioconcreto con la del concreto convencional, se usan ensayos de tracción y compresión, basándose en una investigación realizada por Ponce de León Echegaray (2015). En la tabla 1 y tabla 2, se compara los dos materiales con pruebas de resistencias.

Tabla 1. Esfuerzos de compresión entre el concreto convencional y bioconcreto

prueba #	No. días	Resistencias a	Resistencia a compresión	Aumento de la resistencia (%)
		compresión de concretos convencional (N/mm ²)	de bioconcreto con <i>Bacillus sphaericus</i> (N/mm ²)	
1	3	19.24	25.16	30.76
2	7	23.66	34.58	46.18
3	28	34.52	45.72	32.21

Nota. Adaptado de De León- Echegaray et al., 2015.

Tabla 2. Comparación de resistencia a la tracción entre concreto convencional y bioconcreto

Prueba #	No. días	Resistencia a	Resistencia a tracción de	Aumento de la resistencia %
		tracción de concreto convencional (N/mm ²)	bioconcreto con <i>Bacillus sphaericus</i> (N/mm ²)	
1	3	3.78	4.30	13.75
2	7	4.62	5.28	14.28
3	28	4.85	5.74	18.35

Nota. Adaptado de De León- Echegaray et al., 2015.

Los resultados demuestran que la resistencia a la tracción es mejor en un bioconcreto que en un concreto convencional, con una mejora que puede apreciarse de casi 18.5%.

2.2. Beneficios y retos en Colombia

Los beneficios que pueden aportar el bioconcreto en Colombia:

- Evitar el deterioro rápido de las calles y mejorar la resistencia a las condiciones climáticas húmedas.
- Disminución del mantenimiento de las calles.
- Reducir el uso de recursos al minimizar las intervenciones y el uso de materiales adicionales.

Retos para considerar:

- El bioconcreto tiene un costo inicial más caro que el concreto tradicional, pero los ahorros a largo plazo lo compensan.
- Desconocimiento técnico, lo que hace necesaria una capacitación del personal operativo, lo que podría requerir tiempo y recursos adicionales.
- Es necesario garantizar el suministro de materiales, el almacenamiento y manejo de las bacterias debe ser adecuadamente.
- No existen estándares técnicos nacionales que regulen la concentración bacteriana óptima ni los protocolos de calidad, lo que genera desconfianza en el sector.
- Requiere técnicas de bioingeniería avanzadas que aún no están masificadas en la industria local para garantizar la supervivencia de las bacterias.

2.3. Estudio del caso

Un caso representativo del uso de bioconcreto puede encontrarse en Países Bajos, donde fue desarrollado por el científico Henk Jonkers. En la ciudad de Delft, se aplicó este material en pequeñas infraestructuras como losas peatonales y muros de contención. Los resultados fueron alentadores: las grietas menores de 0.8 mm se repararon por sí solas en un periodo de tres semanas, sin intervención humana. Este experimento nos probó que el bioconcreto es una opción viable tanto en laboratorio, como a la hora de llevarlo a campo.

Debido a que en Colombia todavía no se ha implementado a su magnitud, se podría sugerir casos de proyectos parecidos o similares en Latinoamérica, como es el caso de México, donde universidades han comenzado a experimentar en pavimentos inclusive en andenes. Estas

investigaciones han demostrado una mejoría en la propia vida útil del concreto, teniendo en cuenta condiciones de mucha humedad y fluctuantes temperaturas, tal como ocurre en ciertas zonas del país como las tropicales colombianas.

Un caso hipotético aplicable en Colombia podría ser el de una vía terciaria en una zona rural del Eje Cafetero. Debido a las constantes lluvias y falta de mantenimiento, estas vías tienden a deteriorarse rápidamente. Implementar bioconcreto en este contexto permitiría comprobar si la auto reparación del material ayuda a mantener la transitabilidad, reducir los costos de intervención y mejorar la conectividad entre municipios.

2.4. Adopción del material

Para que podamos implementar la adopción del bioconcreto en el país, es importante precisar de un planteamiento integral que contenga investigación académica, financiación tanto pública como privada, así como reglamentación técnica con estándares del más alto nivel. Hoy en día, la falta de regulación nacional que examina este tipo de materiales complica su instauración en obras de infraestructura pública. El principal índice para incentivar su implementación es impulsar la preparación o capacitación de ingenieros civiles, arquitectos y técnicos laborales en la utilización del bioconcreto.

Las universidades presiden un rol principal en todo el proceso, implementando este tipo de invenciones en sus planes didácticos y gestionando iniciativas y propuestas en acompañamiento de entidades del territorio. Por consiguiente, el gobierno y las entidades administrativas podrían conceder bonificaciones e incentivar su uso, específicamente en proyectos que precisan una prolongada vida útil y reduce su mantenimiento, como sería el caso de puentes, andenes y pavimentos urbanos.

Otro aspecto importante es la progresión de una serie de abastecimiento adecuada, la cual priorice la excedencia de los recursos del bioconcreto, en especial el lactato de calcio que debe estar bajo condiciones óptimas. Esta cadena debería incluir laboratorios certificados, distribuidores especializados y empresas constructoras dispuestas a innovar.

La sensibilización del sector constructor sobre los beneficios a largo plazo del bioconcreto, aunque su costo inicial sea mayor es esencial para una adopción sostenible. A través de estudios comparativos y análisis de ciclo de vida, se puede demostrar que este material no solo es viable, sino también más rentable en el tiempo.

2.5. Impacto ambiental del bioconcreto en Colombia.

El bioconcreto surge como una alternativa sostenible para la infraestructura vial colombiana, al integrar bacterias como *Bacillus sphaericus* o *Bacillus pasteurii* en su composición, capaces de precipitar carbonato de calcio para sellar grietas de hasta 1 mm de ancho; consolidando la evolución del hormigón hacia la autorreparación y la sostenibilidad en la construcción (Estrada Zapata, 2024).

Esta tecnología reduce significativamente la huella de carbono asociada al mantenimiento de carreteras, ya que disminuye la necesidad de reparaciones frecuentes, evitando la producción de nuevo concreto y las emisiones de CO₂ derivadas de su fabricación. Un estudio de la Universidad Tecnológica de Delft en Países Bajos demostró que estructuras con bioconcreto pueden reducir hasta un 40% las emisiones durante su ciclo de vida, comparado con el concreto tradicional.

En Colombia, un país donde la deforestación y la degradación de ecosistemas son críticas, el bioconcreto podría complementar políticas de sostenibilidad al minimizar la extracción de materias primas como arena y grava, al prolongar la vida útil de las carreteras. Su capacidad autorreparable mitiga el uso prolongado de maquinaria pesada para mantenimiento, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 9 y 13 (Zapata, 2024).

2.6. Limitaciones actuales para su implementación en Colombia

A pesar de sus ventajas, el bioconcreto enfrenta desafíos técnicos y logísticos en Colombia. Primero, su costo inicial es hasta un 30 % mayor que el del concreto tradicional, principalmente por los aditivos bacterianos y los nutrientes encapsulados.

Segundo, la supervivencia de las bacterias en ambientes alcalinos (pH ~12) requiere técnicas de bioingeniería avanzadas, como la encapsulación en hidrogeles, que aún no están masificadas en la industria local. La efectividad del sellado depende de condiciones ambientales específicas humedad y temperatura.

Tercero, falta normativa clara para su uso, Colombia no cuenta con estándares técnicos que regulen la concentración bacteriana óptima ni los protocolos de calidad, lo que genera desconfianza en contratistas y entidades gubernamentales. A esto se suma la escasa investigación local: aunque universidades como la católica de Colombia han explorado el tema, se necesitan más estudios para adaptar la tecnología a contextos tropicales.

3. Conclusiones

Como se puede apreciar el bioconcreto es una alternativa bastante innovadora y única, desde su complejidad como material de la construcción detallando sus diferentes características, como por la perspectiva de la economía ya que puede ahorrar en ciertos procesos por sus características pero es su mismo precio de fabricación lo que podría frenar su uso frecuente dejándolo para casos específicos o situacionales, sumando las otras dificultades que no se pueden obviar como producto relativamente nuevo como es su implementación y complejidad al momento del proceso constructivo y posible comportamiento a futuro que no sea haya previsto.

Referencias bibliográficas

- Alshalif, A. F., Irwan, J. M., Othman, N., & Anneza, L. H. (2016). Isolation of sulphate reduction bacteria (SRB) to improve compressive strength and water penetration of bio-concrete. *MATEC Web of Conferences*, 47, 01016.
<https://doi.org/10.1051/matecconf/20164701016>
- BBC News Mundo. (2016). *El revolucionario bioconcreto, el material que se repara a sí mismo*. <https://bbc.in/3k9Hsxy>

- Daza-Sánchez, M., & Guarnizo-Trujillo, J. (2020). *Revisión bibliográfica entre el concreto autoreparable y el concreto convencional*. Universidad Católica de Colombia.
<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/6b74d9d4-63e9-4f27-98c1-7b6076ee87f6/content>
- Estrada Zapata, J. D. (2024). *Evolución del hormigón: Autorreparación y sostenibilidad en la construcción moderna*. BNZero. <https://bnzero.com/investigaciones/evolucion-del-hormigon/>
- Giraldo Mora, N. (2017). *Autorreparación de fisuras en concreto rígido para pavimentos mediante la adición de bacterias bioprecipitadoras de carbonato de calcio: Estado del arte y diseño experimental* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/60199>
- Greenpeace. (2025). *Retos medioambientales para Colombia en 2025: Un llamado urgente a la acción colectiva*.
<https://www.greenpeace.org/colombia/noticia/issues/climayenergia/retos-medioambientales-para-colombia-en-2025-un-llamado-urgente-a-la-accion-colectiva/>
- Jonkers, H. M. (2015). *Self-healing concrete containing bacteria* [Patente]. European Patent Office.
- León Echegaray, F. (2015). *Los beneficios del uso de bacterias en el concreto autoregenerante* [Documento no publicado].
- Méndez, V. (2023). *Ventajas y desventajas del uso del concreto autorreparable en Colombia* [Tesis de pregrado]. Repositorio Institucional Scribd.
<https://es.scribd.com/document/488492700/Ventajas-y-desventajas-del-uso-del-concreto-autorreparable-en-Colombia-Vanessa-Mendez-20192379103-pdf>
- Pensemos Verde. (2016, 18 de octubre). *Bioconcreto: El material de construcción del futuro*. <https://pensemosverde.com/2016/10/18/bioconcreto-el-material-de-construccion-del-futuro/>
- Seifan, M., Samani, A. K., & Berenjian, A. (2016). Bioconcrete: Next generation of self-healing concrete. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100(6), 2591–2602.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26825821/>