

# **Proyecto FIED24-11 “Producción de Hormigón Sostenible en Panamá: Desafíos, Oportunidades y Plan Estratégico”**

## **Resumen**

*El hormigón es el material de construcción más utilizado en el mundo. En Panamá, a pesar de la demanda de hormigón como material de construcción, aún no se cuenta con un plan estratégico basado en evidencias científicas y con la participación de la industria para una producción sostenible. El objetivo de esta propuesta es desarrollar un plan estratégico basado en investigación científica y la colaboración de la industria para una producción de hormigón sostenible en Panamá. Se empleará la revisión de la literatura, se realizarán paneles y talleres con expertos de la academia y de la industria a nivel nacional e internacional y se validarán diseños de mezcla de hormigones sostenibles por medio de criterios de calificación previamente definidos. Como resultado se generará el plan estratégico para una producción de hormigón sostenible en Panamá, como referencia para la industria en base a los resultados de investigación que incluya propuestas de estrategias, indicadores de desempeño ambiental y propuestas de políticas públicas. Se contemplan distintas actividades de divulgación en redes sociales, congresos y revistas científicas.*

*Este proyecto generará conocimiento gracias a la sinergia de la colaboración de la academia e industria. Además de generar conocimiento sobre criterios ambientales de la producción de hormigón, estrategias, indicadores de desempeño y propuestas de políticas públicas; se desarrollarán competencias de investigación integrando estudiantes de tesis, asistentes de investigación, docentes e investigadores a nivel nacional e internacional.*

*Se busca que la población continúe utilizando el hormigón para atender el déficit de viviendas e infraestructuras resilientes, de manera sostenible. Por otro lado, al reducir los impactos ambientales del hormigón, es posible reducir los costos asociados al consumo de materias primas y gestión de residuos contribuyendo con aspectos socio-económicos. Además, se busca incluir aspectos relacionados a la construcción sostenible en la formación de recurso humano.*

## **Objetivo General**

*El objetivo de este proyecto es desarrollar un plan estratégico basado en investigación científica y la colaboración de la industria para una producción de hormigón sostenible en Panamá.*

## **Objetivos Específicos**

- 1. Definir los criterios de calificación que debe cumplir un diseño de mezcla de hormigón para ser considerado sostenible.*
- 2. Evaluar diseños de mezcla de hormigones potencialmente sostenibles utilizando los criterios previamente definidos.*

3. *Proponer estrategias, indicadores de desempeño y políticas públicas para la producción de hormigón sostenible en Panamá.*
4. *Desarrollar capacidades en investigación a nivel nacional.*
5. *Fortalecer la colaboración internacional entre instituciones académicas.*
6. *Fortalecer la colaboración entre la academia y la industria.*

## *Antecedentes de la propuesta*

*A nivel mundial, el hormigón es el material de construcción más utilizado (Han et al., 2017; Scrivener et al., 2016). En Panamá, la situación no es distinta y es el material más producido y consumido con plantas de hormigón que se distribuyen a lo largo y ancho del país. El uso a gran escala del hormigón se debe a su versatilidad, durabilidad y bajo costo (Habert et al., 2020a; Irassar et al., 2020; Scrivener et al., 2016). Además, globalmente se cuenta con materias primas para su producción ya que está compuesto por los elementos que forman el 98% de la corteza terrestre exterior (Scrivener et al., 2016).*

*El hormigón como material de construcción tiene importantes impactos socio-económicos. Es el principal material usado en la industria de la construcción que a su vez genera plazas de empleos. Es utilizado en la construcción de estructuras que van desde viviendas, escuelas, hospitales hasta vías de transporte y sistemas de producción y distribución de agua y de energía. Además, es uno de los materiales más resilientes (Irassar et al., 2020; Ruíz & Mack-Vergara, 2023). Por otro lado, la producción de este material puede resultar en impactos ambientales negativos que pueden ser mitigados mediante estrategias que involucren a la academia y la industria.*

*Por lo tanto, se requiere la producción de hormigones sostenibles innovadores por ejemplo con materias primas locales, de bajo consumo de agua y con menos emisiones de CO<sub>2</sub>. A su vez se requieren indicadores que le permitan a la industria dar seguimiento a su progreso (Shen et al., 2011). Además, se requieren políticas públicas que incentiven la producción de hormigón sostenible ya que implementar estrategias de sostenibilidad conlleva desafíos e inversión. Al aumentar la eco-eficiencia de la industria se aumenta su competitividad, sobre todo frente a escenarios de escasez de recursos debido al cambio climático y frente a futuras políticas públicas ambientales.*

*En otros países ya se cuenta con planes estratégicos para el uso sostenible del hormigón (CEMBUREAU The European Cement Association, n.d.; Global Cement and Concrete Association, 2021; Habert et al., 2020b; Innovation, Science and Economic Development Canada & Cement Association of Canada, 2022; Lehne & Preston, 2018; MPA UK Concrete, 2020; Portland Cement Association, 2021). En Panamá, debido a la importante demanda de hormigón como material de construcción, es necesario contar con un plan estratégico para una producción sostenible.*

*Esta propuesta deriva del interés de la investigadora principal de consolidar distintos estudios realizados desde su doctorado, con nuevas investigaciones que orienten a la industria hacia una producción sostenible de hormigón en Panamá (Irassar et al., 2020; John et al., 2020; Mack et al., 2016; Mack-Vergara, 2019; Mack-Vergara & John, 2017; Reis et al., 2019; F. B. Silva et al., 2020).*

## *Impactos o contribución esperada de la propuesta*

*¿Cuál es el impacto que la propuesta tendrá?*

*Se busca que la población continúe utilizando el hormigón para atender el déficit de viviendas e infraestructuras resilientes, de manera sostenible.*

*Por otro lado, al reducir los impactos ambientales del hormigón, es posible promover su uso y generar empleos además de reducir los costos asociados al consumo de materias primas y gestión de residuos contribuyendo con aspectos socio-económicos en Panamá.*

*¿Cuál sería la población beneficiada?*

*Academia: mediante la formación de recurso humano en construcción sostenible.*

*Industria: mediante la implementación de prácticas de producción de hormigón sostenible que además de reducir impactos ambientales, reduce costos de operación y aumenta su competitividad.*

*Sociedad: mediante vivienda e infraestructura resiliente y amigable con el ambiente.*

*¿Cuál es el aporte de la propuesta a la formación de talento humano?*

*Se busca incluir aspectos relacionados a la construcción sostenible por medio de investigaciones realizadas por estudiantes, talleres y otras actividades de investigación.*

*¿Cuál es el aporte a la investigación científica, al desarrollo tecnológico o a la innovación?*

*Se contará con criterio de calificación de hormigones sostenibles y un plan estratégico para la producción de hormigón sostenible en Panamá. Se validarán diseños de mezcla de hormigones sostenibles e innovadores.*

## *Definición del problema y su justificación*

*El problema que se aborda en esta propuesta es que en Panamá no se cuenta con una guía para la producción de hormigón sostenible incluyendo aspectos ambientales a pesar de que este material es ampliamente utilizado en el país y se espera que su demanda aumente a la vez que aumenta la población.*

*En Panamá, existen diferentes iniciativas aplicables al sector de la construcción hacia un desarrollo sostenible (Consejo de la Concertación Nacional para el Desarrollo, 2017). Así mismo, el grupo de investigación Sustainable Construcción UTP viene realizando investigaciones para un uso sostenible de este material que considere aspectos ambientales como los consumos de agua, energía y emisiones de CO2.*

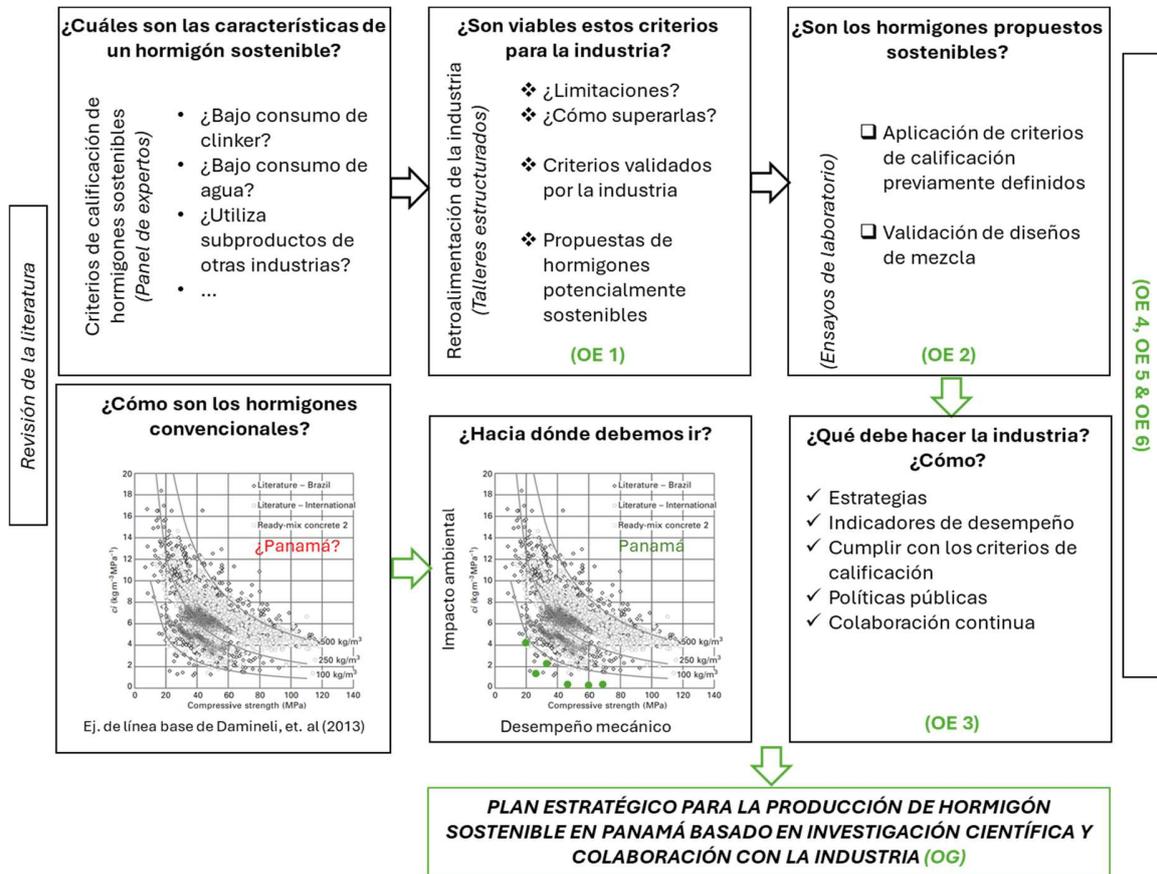
*Sin embargo, es necesario definir un plan estratégico alineando todas estas iniciativas y las que aún hacen falta considerando además de los aspectos técnicos del hormigón, aspectos ambientales que solo recientemente han sido estudiados en Panamá por el grupo de investigación que propone este proyecto. Este plan debe involucrar de primera mano a la industria y contar con la participación de profesionales que a nivel internacional ya han tenido experiencias de éxito en la producción de hormigón sostenible. Este plan estratégico servirá además de fundamento para la propuesta de políticas públicas necesarias para que el sector de la construcción en Panamá esté alineado con el desarrollo sostenible del país.*

Los resultados serán de beneficio para la sociedad, academia e industria. Además, este proyecto contribuirá con la consolidación del grupo de investigación Sustainable Construction UTP liderado por la Dra. Yazmin Mack investigadora principal de esta propuesta en colaboración con estudiantes e investigadores a nivel nacional e internacional. Además de estrechar los lazos entre la academia y la industria y desarrollar las capacidades en investigación a nivel nacional.

### Personas que colaboran

<b>Nombre</b>	<b>Grado académico</b>	<b>Institución en la que colabora</b>	<b>Perfil del Participante</b>
<i>Yazmin Lisbeth Mack Vergara</i>	<i>Doctorado</i>	<i>Universidad Tecnológica de Panamá (UTP)</i>	<i>Investigador principal</i>
<i>Ka Lai Ng</i>	<i>Post doctorado</i>	<i>Universidad Tecnológica de Panamá (UTP)</i>	<i>Investigador</i>
<i>Vanderley John</i>	<i>Post doctorado</i>	<i>Universidad de Sao Paulo (USP)</i>	<i>Investigador</i>
<i>Marco Quattrone</i>	<i>Post doctorado</i>	<i>Universidad de Sao Paulo (USP)</i>	<i>Investigador</i>
<i>Wolfram Schmidt</i>	<i>Post doctorado</i>	<i>Instituto Federal de Investigación y Ensayo de Materiales (BAM)</i>	<i>Investigador</i>
<i>Estudiante</i>	<i>Estudiante de licenciatura y/o maestría</i>	<i>Por definir</i>	<i>Estudiante</i>
<i>Asistente de investigación</i>	<i>Estudiante de licenciatura o licenciatura</i>	<i>Por definir</i>	<i>Otro (asistente)</i>
		<i>Asociación Panameña de Productores de Concreto</i>	<i>Otro</i>
		<i>Ministerio de Ambiente</i>	<i>Otro</i>

## Resumen de la metodología





## Bibliografía

Batuecas, E., Ramón-Álvarez, I., Sánchez-Delgado, S., & Torres-Carrasco, M. (2021). Carbon footprint and water use of alkali-activated and hybrid cement mortars. *Journal of Cleaner Production*, 319, 128653. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128653>

CEMBUREAU The European Cement Association. (n.d.). *Cementing the European Green Deal: Reaching climate neutrality along the cement and concrete value chain by 2050*. [www.cembureau.eu](http://www.cembureau.eu)

Consejo de la Concertación Nacional para el Desarrollo. (2017). *Plan Estratégico Nacional con Visión de Estado ODS Panamá 2030*. <https://www.pa.undp.org/content/panama/es/home/library/poverty/plan-estrategico-nacional-con-vision-de-estado-2030.html>

Damineli, B. L., Kemeid, F. M., Aguiar, P. S., & John, V. M. (2010). Measuring the eco-efficiency of cement use. *Cement and Concrete Composites*, 32(8), 555–562. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2010.07.009>

Damineli, B. L., Pileggi, R. G., & John, V. M. (2013). 2—Lower binder intensity eco-efficient concretes. In F. Pacheco-Torgal, S. Jalali, J. Labrincha, & V. M. John (Eds.), *Eco-Efficient Concrete* (pp. 26–44). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9780857098993.1.26>

Eurostat European Commission. (2009). *The REACH baseline study, A tool to monitor the new EU policy on chemicals—REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and restriction of Chemicals)*. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-statistical-working-papers/-/ks-ra-09-003>

Garces, J. I. T., Beltran, A. B., Tan, R. R., Ongpeng, J. M. C., & Promentilla, M. A. B. (2022). Carbon footprint of self-healing geopolymers concrete with variable mix model. *Cleaner Chemical Engineering*, 2, 100027. <https://doi.org/10.1016/j.clce.2022.100027>

Global Cement and Concrete Association. (2021). *Futuro del Hormigón: Plan de trabajo hacia una industria del cemento y hormigón neutra en carbono para 2050 de la Asociación Mundial de Productores de Cemento y Hormigón*. [www.gccassociation.org](http://www.gccassociation.org)

Habert, G., Miller, S. A., John, V. M., Provis, J. L., Favier, A., Horvath, A., & Scrivener, K. L. (2020a). Environmental impacts and decarbonization strategies in the cement and concrete industries. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(11), Article 11. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0093-3>

Habert, G., Miller, S. A., John, V. M., Provis, J. L., Favier, A., Horvath, A., & Scrivener, K. L. (2020b). Environmental impacts and decarbonization strategies in the cement and concrete industries. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(11), Article 11. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0093-3>

Han, B., Zhang, L., & Ou, J. (2017). *Smart and Multifunctional Concrete Toward Sustainable Infrastructures*. Springer, Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-4349-9>

*Innovation, Science and Economic Development Canada & Cement Association of Canada. (2022). Roadmap to Net-Zero Carbon Concrete by 2050. <https://ised-isde.canada.ca/site/clean-growth-hub/en/roadmap-net-zero-carbon-concrete-2050>*

*Irassar, E. F., John, V. M., Tobón, J. I., García Punhagui, K. R., & Mack-Vergara, Y. L. (2020). Rol del cemento en la construcción de ciudades sostenibles y resilientes: El desafío latinoamericano. Federación Interamericana Del Cemento - FICEM. <https://ficem.org/dev/wp-content/uploads/2021/03/Paper-ciudades-resilientes.pdf>*

*John, V., Belizario Silva, F., Santana Oliveira, L., Costa Reis, D., Maffini Gomes, B., Strabelli Sonvezzo, C., Mack-Vergara, Y. L., Garcia Punhagui, K. R., & Sergio, A. P. (2020). Proposta prática para avaliar o desempenho ambiental no ciclo de vida da construção. Revista IBRACON Concreto & Construções. <http://dx.doi.org/10.4322/1809-7197.2020.100.0002>*

*Lehne, J., & Preston, F. (2018). Making Concrete Change Innovation in Low-carbon Cement and Concrete. [www.chathamhouse.org](http://www.chathamhouse.org)*

*Löhr, K., Weinhardt, M., & Sieber, S. (2020). The “World Café” as a Participatory Method for Collecting Qualitative Data. *International Journal of Qualitative Methods*, 19, 1609406920916976. <https://doi.org/10.1177/1609406920916976>*

*Mack, Y. L., Oliveira, L. S., & John, V. M. (2016). Concrete Water Footprint Assessment Methodologies. *Key Engineering Materials*, 668, 247–254. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.668.247>*

*Mack-Vergara, Y. L. (2019). Concrete water footprint: A streamlined methodology [Thesis for the degree of Doctor of Science in civil engineering, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo]. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-16092019-144335/pt-br.php>*

*Mack-Vergara, Y. L., & John, V. M. (2017). Life cycle water inventory in concrete production—A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 122, 227–250. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.01.004>*

*Monkman, S., Hanmore, A., & Thomas, M. (2022). Sustainability and durability of concrete produced with CO2 beneficiated reclaimed water. *Materials and Structures*, 55(7), 170. <https://doi.org/10.1617/s11527-022-02012-9>*

*MPA UK Concrete. (2020). UK Concrete and Cement Industry Roadmap to Beyond Net Zero. [www.mineralproducts.org](http://www.mineralproducts.org)*

*Portland Cement Association. (2021). Roadmap to carbon neutrality: A more sustainable world is shaped by concrete. <https://www.cement.org/>*

*Ram, K., Serdar, M., Londono-Zuluaga, D., & Scrivener, K. (2022). Does carbon footprint reduction impair mechanical properties and service life of concrete? *Materials and Structures*, 56(1), 6. <https://doi.org/10.1617/s11527-022-02090-9>*

Redvall, E. N., & Sørensen, I. E. (2021). *Structured Industry Workshops as Methodology: Researching National Screen Agencies and Policies*. *Media Industries*, 8(1), Article 1. <https://doi.org/10.3998/mij.94>

Reis, D. da C., Mack-Vergara, Y., & John, V. M. (2019). *Material flow analysis and material use efficiency of Brazil's mortar and concrete supply chain*. *Journal of Industrial Ecology*, 23(6), 1396–1409. <https://doi.org/10.1111/jiec.12929>

República de Panamá Gobierno Nacional. (2019). *Plan Estratégico 1 de julio de 2019 al 30 de junio de 2024*. <https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/plan/files/PEG%202020-2024%20Panam%C3%A1.pdf>

Rodríguez, B., & Medina, G. (2021). *Plantas productoras de hormigón en Panamá [Map]*. [https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1rDB003d\\_J4agThge0uy00F0ZFq1gDEGz&ll=8.76988713047779%2C-81.05852685382565&z=8](https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1rDB003d_J4agThge0uy00F0ZFq1gDEGz&ll=8.76988713047779%2C-81.05852685382565&z=8).

Rowley, J., & Slack, F. (2004). *Conducting a literature review*. *Management Research News*, 27(6), 31–39. <https://doi.org/10.1108/01409170410784185>

Ruíz, M. A., & Mack-Vergara, Y. L. (2023). *Resilient and Sustainable Housing Models against Climate Change: A Review*. *Sustainability*, 15(18), Article 18. <https://doi.org/10.3390/su151813544>

Scrivener, K. L., John, V. M., & Gartner, E. M. (2016). *Eco-efficient cements: Potential, economically viable solutions for a low-CO<sub>2</sub>, cementbased materials industry (p. 50)*. United Nations Environment Programme. <https://lmc.epfl.ch/files/content/users/184559/files/2016-UNEP%20Report-Complete6.pdf>

Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2023). *Política de Género—CTI 2040*. [https://www.senacyt.gob.pa/wp-content/uploads/2021/06/PGCTI\\_20230703.pdf](https://www.senacyt.gob.pa/wp-content/uploads/2021/06/PGCTI_20230703.pdf)

Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2020). *Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (PENCYT) 2019 – 2024: “HACIA LA TRANSFORMACIÓN DE PANAMÁ”*. [https://www.senacyt.gob.pa/wp-content/uploads/2020/01/GacetaNo\\_28936b\\_202001081-1.pdf](https://www.senacyt.gob.pa/wp-content/uploads/2020/01/GacetaNo_28936b_202001081-1.pdf)

Shen, L., Wu, Y., & Zhang, X. (2011). *Key Assessment Indicators for the Sustainability of Infrastructure Projects*. *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(6), 441–451. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000315](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000315)

Silva, D. N., Silva, W. D. O., & Fontana, M. E. (2023). *A gendered perspective of challenges women in engineering careers face to reach leadership positions: A innovative theoretical model from Brazilian students' perceptions*. *Women's Studies International Forum*, 98, 102712. <https://doi.org/10.1016/j.wsif.2023.102712>

Silva, F. B., Reis, D. C., Mack-Vergara, Y. L., Pessoto, L., Feng, H., Pacca, S. A., Lasvaux, S., Habert, G., & John, V. M. (2020). *Primary data priorities for the life cycle inventory of*

*construction products: Focus on foreground processes. The International Journal of Life Cycle Assessment.* <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01762-4>

Sousa, V., & Bogas, J. A. (2021). Comparison of energy consumption and carbon emissions from clinker and recycled cement production. *Journal of Cleaner Production*, 306, 127277. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127277>

Tayebani, B., Said, A., & Memari, A. (2023). Less carbon producing sustainable concrete from environmental and performance perspectives: A review. *Construction and Building Materials*, 404, 133234. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133234>

Thilakarathna, P. S. M., Seo, S., Baduge, K. S. K., Lee, H., Mendis, P., & Foliente, G. (2020). Embodied carbon analysis and benchmarking emissions of high and ultra-high strength concrete using machine learning algorithms. *Journal of Cleaner Production*, 262, 121281. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121281>

Universidad Tecnológica de Panamá. (2018). *Plan de Desarrollo Institucional 2018-2030.* <https://utp.ac.pa/documentos/2020/pdf/plan-desarrollo-institucional-utp.pdf>

Urho Pulkkinen & Kaisa Simola. (2000). An expert panel approach to support risk-informed decision making. *Stuk.* <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/20130195#:~:text=The%20role%20of%20the%20expert,experts%20representing%20different%20disci%2D%20plines.>

Villagrán-Zaccardi, Y., Pareja, R., Rojas, L., Irassar, E. F., Torres-Acosta, A., Tobón, J., & John, V. M. (2022). Overview of cement and concrete production in Latin America and the Caribbean with a focus on the goals of reaching carbon neutrality. *RILEM Technical Letters*, 7, 30–46. <https://doi.org/10.21809/rilemtechlett.2022.155>

Vishwakarma, V., & Uthaman, S. (2020). 9—Environmental impact of sustainable green concrete. In M. S. Liew, P. Nguyen-Tri, T. A. Nguyen, & S. Kakooei (Eds.), *Smart Nanoconcretes and Cement-Based Materials* (pp. 241–255). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817854-6.00009-X>