

# La necesidad de un inventario de agua, energía y CO<sub>2</sub> del hormigón en Panamá

## The need for a water, energy and CO<sub>2</sub> inventory of concrete in Panama

*Yamileth Lima<sup>1</sup>, Luis Sulbarán<sup>1</sup>, Yazmin L. Mack-Vergara<sup>2,\*</sup>*

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica de Panamá, Ciudad de Panamá, Panamá

<sup>2</sup>Grupo de Investigación Sustainable Construction UTP, Centro Experimental de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de Panamá, Ciudad de Panamá, Panamá

**Fecha de recepción:** 9 de agosto de 2022. **Fecha de aceptación:** 15 de marzo de 2023.

**\*Autor de correspondencia:** [yazmin.mack@utp.ac.pa](mailto:yazmin.mack@utp.ac.pa)

**Resumen.** El hormigón es la sustancia más usada en el mundo después del agua y se espera que su demanda continúe en los próximos años debido al aumento de la población que requiere viviendas e infraestructura. El hormigón tiene importantes impactos sociales y económicos, ya que es el principal material de construcción. Sin embargo, también tiene potenciales impactos ambientales, de los cuales los más estudiados, a nivel internacional, son los relacionados con las emisiones de CO<sub>2</sub> y consumo de energía. El consumo de agua en grandes volúmenes debido a la alta demanda de hormigón provoca también un impacto ambiental de gran relevancia en zonas donde se extrae dicho recurso. El objetivo de esta investigación es identificar aspectos ambientales de la producción de hormigón que sean relevantes en Panamá, así como información disponible sobre estos aspectos ambientales en el país. En Panamá, a pesar de la importancia y uso del hormigón, no se cuenta con datos de consumo de agua, energía y emisiones de CO<sub>2</sub>. De ahí la importancia de realizar un levantamiento cualitativo y cuantitativo de los procesos de producción de hormigón en Panamá incluyendo aspectos ambientales. Se busca que los resultados obtenidos sirvan de base para posteriormente ejecutar las acciones necesarias a nivel de propuestas y uso de tecnologías y elaboración de políticas públicas.

**Palabras clave.** Concreto, construcción sostenible, consumo de agua, consumo de energía, emisiones de dióxido de carbono.

**Abstract.** Concrete is the most used substance in the world after water and its demand is expected to continue in the coming years due to the increase in the population that requires housing and infrastructure. Concrete has important social and economic impacts since it is the main construction material. However, it also has potential environmental impacts, of which the most studied, at an international level, are those related to CO<sub>2</sub> emissions and energy consumption. The consumption of water in large volumes due to the high demand for concrete also causes a highly relevant environmental impact in areas where this resource is extracted. The objective of this research is to identify environmental aspects of concrete production that are relevant in Panama, as well as available information on these environmental aspects in the country. In Panama, despite the importance and use of concrete, there are no data on water consumption, energy, and CO<sub>2</sub> emissions. Hence the importance of carrying out a qualitative and quantitative survey of the concrete production processes in Panama, including environmental aspects. It is intended that the results obtained serve as a basis for subsequently executing the necessary actions at the level of proposals and use of technologies and development of public policies.

**Keywords.** Concrete, sustainable construction, water consumption, energy consumption, Carbon dioxide emissions.

## 1. Introducción

El hormigón es un material de construcción que consiste en una mezcla de agregados, pasta y aditivos (Figura 1). La pasta está compuesta de cemento y agua, y la misma une los agregados finos y gruesos para formar una masa semejante a una roca. Esto se debe a que la pasta endurece debido a las reacciones químicas entre el cemento y el agua [1].

El hormigón es la sustancia más usada en el mundo después del agua [2], su alta demanda conlleva emplear aproximadamente 4.1 mil millones de toneladas métricas de cemento [3] y 18 mil millones de metros cúbicos de agua [4] por año, a esto se le suma el gran consumo de combustibles fósiles empleados en distintas actividades de la producción de hormigón y en el transporte de los materiales y del hormigón en sí.

Por otro lado, se espera que la demanda de hormigón continúe creciendo en los próximos años debido al aumento de la población que requiere viviendas e infraestructura, sobre todo en países en vías de desarrollo [5].



Figura 1. Mezcla de hormigón fresco.

El hormigón tiene importantes impactos sociales y económicos ya que es el material utilizado para construir estructuras como viviendas, centros educativos, centros de salud, centros comerciales, vías de transporte, etc. lo que contribuye a una mejor calidad de vida de las personas. Sin embargo, también tiene potenciales impactos ambientales [6].

Hasta el momento, los aspectos ambientales más estudiados, a nivel internacional, relacionados con la producción de hormigón, son el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> de la producción de cemento, uno de los componentes principales del hormigón [7].

Debido a la alta demanda de materiales a base de cemento desarrollada en el mundo, se estima que alrededor del 8 % de la producción de CO<sub>2</sub> es debida a la producción de cemento

[2]. Esto, sumado a la demanda creciente de cemento, ha obligado a que se tomen medidas en todo el mundo con el objetivo de reducir esta clase de emisiones.

Hoy en día existen estrategias en estudio e incluso ya establecidas como, por ejemplo, la implementación de materiales cementicios suplementarios [8] y la utilización de sistemas estructurales de viga compuesta que al permitir una distribución más eficaz del material, disminuyen la cantidad necesaria de este, reducen la energía necesaria y el CO<sub>2</sub> liberado [9].

A pesar de que se han logrado obtener grandes avances en la disminución de consumo de energía y emisiones de CO<sub>2</sub>, el hormigón tiene otros aspectos ambientales que dependiendo de la región pueden ser preocupantes, como lo es el caso del consumo de agua, que se encuentra presente en distintos procesos dentro del ciclo de vida del hormigón, siendo el uso más conocido el agua de mezcla [10]. El consumo de agua en grandes volúmenes debido a la alta demanda de hormigón puede contribuir a problemas de escasez de agua en el lugar de donde se extrae dicho recurso [7]. Por lo tanto, es necesario gestionar el uso del agua en distintas actividades incluyendo la producción de hormigón.

### 1.1 Objetivo general

Identificar aspectos ambientales de la producción de hormigón que sean relevantes en Panamá, así como información disponible sobre estos aspectos ambientales en el país.

## 2. Metodología

Esta investigación se trata de un estudio exploratorio en el que se busca identificar aspectos ambientales e información de estos aspectos por medio de indicadores ambientales de la producción de hormigón en Panamá. Este estudio se enfoca en los procesos que acontecen dentro de las plantas productoras de hormigón debido a que son los procesos que el productor de hormigón puede controlar y mejorar.

Se realizó una revisión de literatura [11] por medio de la plataforma Google Académico para la búsqueda de literatura científico-académica y por medio de la plataforma Google para literatura gris. La revisión bibliográfica se realizó abarcando las siguientes combinaciones de palabras claves:

- Producción de hormigón
- Producción de concreto
- Impacto ambiental
- Indicadores ambientales
- Consumo de agua
- Consumo de energía
- Emisiones de CO<sub>2</sub>
- Panamá

Se realizaron además visitas técnicas a plantas productoras de hormigón en la provincia de Panamá en la que se pudieron observar los procesos de producción e identificar prioridades en cuanto a aspectos ambientales relacionados a los procesos observados.

Los resultados se reportan a continuación, así como una discusión sobre la necesidad de un inventario de agua, energía y CO<sub>2</sub> de la producción de hormigón en Panamá y los beneficios.

### 3. Resultados

A continuación, se presentan los resultados de la revisión de literatura y visitas técnicas a tres plantas productoras de hormigón.

#### 3.1 Indicadores ambientales identificados

En la revisión de la literatura no se encontraron estudios sobre aspectos ambientales de la producción de hormigón que fueran específicos de Panamá. Tampoco se encontraron datos publicados de indicadores ambientales de la producción de hormigón específicos de operaciones de producción de hormigón en Panamá.

Los estudios que se encontraron sobre la producción de hormigón en Panamá se enfocan más en su desempeño técnico como por ejemplo los estudios de Caballero [12] sobre propiedades mecánicas del hormigón reforzado con fibras metálicas, Sánchez et al. [13] y Cedeño [14] sobre acción del microclima sobre el hormigón, Aizpurua [15] sobre hormigón de alta resistencia con el uso de cenizas de materiales orgánicos y polímeros, Pinto [16] sobre el hormigón poroso con la incorporación de distintas granulometrías, Cedeño y Hernández [17] sobre el efecto ambiental industrial y marino sobre el hormigón reforzado, Osorio et al. [18] sobre hormigón a partir de agregado reciclado y [19] sobre utilización del plástico como elemento reforzador del hormigón para construcción de aceras.

Se identificaron indicadores ambientales (Tabla 1), así como datos reportados para la producción de hormigón de las empresas Cemex y Argos a nivel global (Figura 2 y Figura 3). Como estas empresas actúan en Panamá, se sabe que sus datos publicados incluyen datos levantados en plantas de producción en territorio panameño por lo que estos son los datos disponibles más cercanos a la realidad panameña que se pudieron identificar.

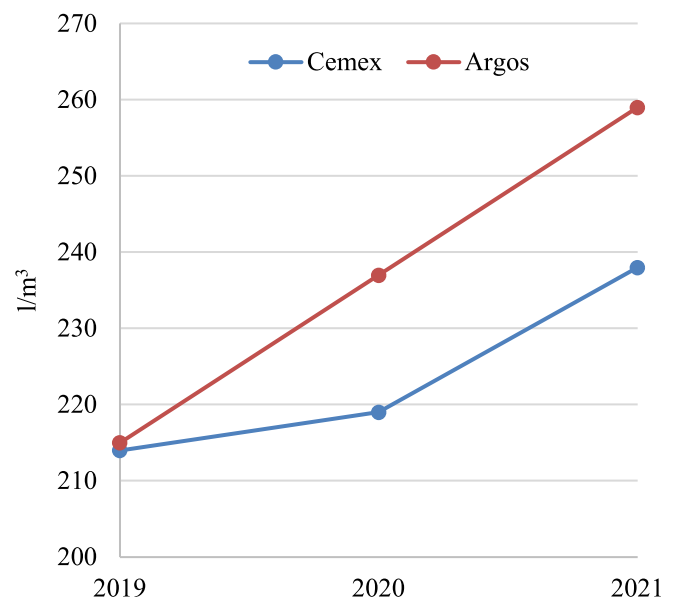
Se identificaron indicadores de consumo específico de agua y de intensidad de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por metro cúbico de hormigón producido. Referente a consumo de energía, solo se encontraron indicadores para la producción de clínker y cemento. Y se encontraron indicadores de emisiones específicas de CO<sub>2</sub> brutas y CO<sub>2</sub> netas para lo que las empresas denominan materiales o productos cementantes.

**Tabla 1.** Indicadores ambientales identificados para clínker, cemento y hormigón

Indicador	Unidad	Material
Consumo calórico específico	MJ/t	Clínker
Consumo eléctrico específico	kWh/t	Cemento
Consumo específico de agua	l/m <sup>3</sup>	Hormigón
Emisiones específicas de CO <sub>2</sub> - brutas	kg CO <sub>2</sub> /t	Material cementante
Emisiones específicas de CO <sub>2</sub> - netas	kg CO <sub>2</sub> /t	Productos cementantes
Intensidad de las emisiones de GEI	kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	Hormigón

**Fuente.** Reporte Integrado 2021 de Grupo Argos [20] y Reporte Global 2021 de Cemex [21].

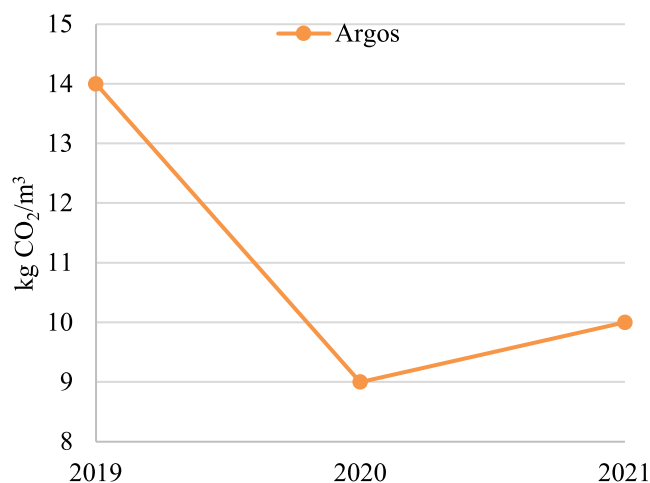
Se encontraron otros indicadores ambientales relacionados a la producción de hormigón además de los presentados en la Tabla 1. Sin embargo, estos indicadores contabilizan los consumos y emisiones totales de la empresa. Es decir, varían de acuerdo con la producción de la empresa en el año reportado y no representan necesariamente un aumento o disminución de su eficiencia.



**Figura 2.** Consumo de agua de la producción de hormigón.

**Fuente.** Reporte Integrado 2021 de Grupo Argos [20] y Reporte Global 2021 de Cemex [21].





**Figura 3.** Intensidad de emisiones de GEI de la producción de hormigón.

**Fuente.** Reporte Integrado 2021 de Grupo Argos [20].

Igualmente, por medio de las visitas técnicas realizadas se pudo verificar que entre los aspectos ambientales prioritarios en la producción de hormigón se encuentran: consumo de agua, consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a estas energías.

El consumo de agua implica además de la utilizada en la mezcla, otras actividades como el control de la humedad y temperatura de los agregados debido al clima en Panamá, lavado del patio, lavado de los camiones transportadores de hormigón y control de polvo en la planta.

El consumo de energía se divide en consumo de combustibles fósiles para el funcionamiento de los camiones transportadores de hormigón y por otro lado consumo de electricidad para el funcionamiento de equipos en la planta, así como de las facilidades (oficinas, vestidores, etc.). Sin embargo, no en todas las plantas se miden indicadores de estos aspectos ambientales por lo que no se les puede dar seguimiento por el momento.

A pesar de que hay datos a nivel internacional, se puede observar que hay una laguna de datos publicados en cuando a indicadores ambientales de la producción de hormigón en Panamá. Sin embargo, estos datos son necesarios para una correcta gestión ambiental.

La mayoría de los datos con los que se cuentan a nivel internacional son sobre producción de clínker y cemento. No obstante, en nuestro país se cuenta con una sola planta productora de clínker que es el material que más emite CO<sub>2</sub>. Por lo que proponemos que el inventario de aspectos ambientales se realice para la producción de hormigón para la que se cuentan con más plantas a nivel nacional.

A pesar de que no se menciona específicamente el hormigón dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) [22], se entiende que la medición y seguimiento de

indicadores ambientales dentro de esta actividad podría contribuir a que se logren las metas de distintos Objetivos de Desarrollo Sostenible como los son:

- ODS-6: Agua limpia y saneamiento.
- ODS-7: Energía asequible y no contaminante.
- ODS-8: Trabajo decente y crecimiento económico.
- ODS-9: Industria, innovación e infraestructura.
- ODS-11: Ciudades y comunidades sostenibles.
- ODS-12: Producción y consumo responsables.
- ODS-13: Acción por el clima.

### 3.2 La necesidad de inventario de CO<sub>2</sub>, energía y agua de la producción de hormigón en Panamá

Disminuir el uso del hormigón no es una opción debido a la demanda de la población y poca disponibilidad de otros materiales, pero realizar una producción amigable con el ambiente si es una necesidad [23]. En este contexto es necesario encontrar formas de continuar produciendo hormigón de calidad (es decir, manteniendo sus propiedades mecánicas como la resistencia a compresión) para atender las demandas de vivienda e infraestructura, pero disminuyendo sus potenciales impactos.

Para producir hormigón de forma eficiente en términos ambientales, lo primero que hay que hacer es medir para luego en base a la información obtenida, ejecutar las acciones necesarias. Al contar con datos de consumo de agua, energía y emisiones de CO<sub>2</sub>, se puede identificar actividades críticas que requieren atención y actividades con potencial de mejora en términos de desempeño ambiental.

En Panamá a pesar de la importancia y uso del hormigón, no se cuenta con datos de consumo de agua, energía y emisiones de CO<sub>2</sub>. En la revisión de literatura no se identificaron estudios al respecto en el contexto panameño. De ahí la importancia de realizar un levantamiento cualitativo y cuantitativo de los procesos de producción de hormigón en Panamá incluyendo aspectos ambientales.

Esta investigación se enfoca en la producción de hormigón en Panamá, que, comparada con la producción de cemento, ha sido poco estudiada. Cabe destacar que los consumos y emisiones por metro cúbico de hormigón dependen de la ruta tecnológica utilizada, así como el diseño de mezcla.

En las visitas técnicas se observó que para producir el mismo producto (1 m<sup>3</sup> de hormigón de determinada resistencia) había variaciones en los procesos de producción dependiendo de la planta productora. De ahí la necesidad de un estudio sectorial.

A nivel internacional, se encontraron reportes anuales de empresas productoras de hormigón como Cemex y Argos que actúan en Panamá como se observó en la Figura y Figura. Estos reportes, aunque no son específicamente de Panamá, reportan indicadores globales que incluyen plantas productoras de hormigón en Panamá. Esta información fue verificada por

medio de contacto con funcionarios de ambas empresas. Sin embargo, es necesario que más plantas productoras de hormigón midan dichos indicadores ambientales y publiquen los datos obtenidos de manera que se les pueda dar seguimiento e identificar las mejores prácticas de la industria.

Entre los beneficios de contar con un inventario de ciclo de vida de consumos de agua, energía y emisiones de CO<sub>2</sub> de la producción de hormigón en Panamá podemos mencionar:

- Contar con datos primarios que permitan la gestión de la sostenibilidad en la construcción.
- Adoptar medidas para mejorar la eficiencia de los procesos y la selección de materiales y fabricantes que ofrezcan bajo impacto ambiental.
- Promover la sostenibilidad en la construcción.
- Contribuir a la preservación del medio ambiente al reducir la demanda de recursos e impactos ambientales negativos.
- Introducir el establecimiento de lineamientos de sostenibilidad medibles en desarrollos inmobiliarios a futuro.
- Popularizar el concepto de evaluación de huella hídrica, huella de carbono y declaración ambiental de producto en cadenas industriales.
- Beneficios económicos asociados a la disminución de costos de operación por consumo de agua y energía (electricidad y combustible).

Tomando en cuenta todo lo mencionado anteriormente, se hace evidente la importancia de desarrollar una investigación basada en el área de producción de hormigón en Panamá, en donde se evalúen cuáles son los potenciales impactos para las rutas tecnológicas de producción de hormigón; de tal manera que se puedan identificar y estimar los impactos ambientales ocasionados y con el fin de buscar la forma de reducir estos impactos promoviendo la sostenibilidad en la industria de la construcción en consonancia con los ODS. La colecta de datos para seguimiento de los ODS es también una necesidad en nuestro país hacia el cumplimiento del Plan Estratégico Nacional con Visión de Estado 2030 [24].

El potencial de un inventario de CO<sub>2</sub>, energía y agua de la producción de hormigón en Panamá para avanzar en el conocimiento consiste en llenar el vacío que existe en cuanto a información ambiental de una actividad tan importante para Panamá como lo es la producción de hormigón y que permitirá ejecutar las acciones necesarias a nivel de propuestas y uso de tecnologías y elaboración de políticas públicas.

## 4. Conclusiones

El hormigón es un material de construcción ampliamente utilizado en Panamá para la construcción de viviendas e infraestructuras.

Este material genera beneficios sociales y económicos; sin embargo, deben considerarse los aspectos ambientales que conlleva la utilización de este.

Entre los aspectos ambientales relevantes en la producción de hormigón se identificaron el consumo de agua, consumo de energía y emisiones de CO<sub>2</sub>.

En esta investigación no se identificaron inventarios publicados con datos sobre consumo de agua, consumo de energía y emisiones de CO<sub>2</sub> de la producción de hormigón en Panamá, por lo que se determina que esta es una necesidad que debe ser atendida.

Se recomienda que las empresas productoras de hormigón midan sus consumos y emisiones. Esto no solo traerá beneficios ambientales al poder implementar prácticas que permitan reducir los potenciales impactos ambientales asociados a la producción de hormigón, sino que también implica beneficios económicos, ya que al reducir sus consumos se disminuyen los costos de la empresa.

La medición y seguimiento de indicadores ambientales además podría contribuir a iniciativas tales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible con los que Panamá está comprometido en su Plan Estratégico Nacional con Visión de Estado 2030.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realiza dentro del proyecto “Inventario de agua, energía y CO<sub>2</sub> de la producción de hormigón en Panamá” financiado por la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación dentro de la Convocatoria Pública de Fomento a I+D para el Desarrollo Sostenible (IDDS) 2022. Además, agradecemos a las empresas que nos abrieron las puertas para conocer mejor los procesos de producción de hormigón.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener algún conflicto de interés.

## REFERENCIAS

- [1] C. M. Sanguinetti y F. Q. Ortiz, "Análisis de Ciclo de Vida en la determinación de la energía contenida y la huella de carbono en el proceso de fabricación del hormigón premezclado. Caso estudio planta productora Región del Bío Bío, Chile", *Hábitat Sustentable*, pp. 16-25, dic. 2014, [En línea]. Disponible en: <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RHS/article/view/447>. [Último acceso: 29 de octubre de 2021.]
- [2] K. L. Scrivener, V. M. John, y E. M. Gartner, "Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO<sub>2</sub> cement-based materials industry", *Cement and Concrete Research*, vol. 114, pp. 2-26, dic. 2018, doi: 10.1016/j.cemconres.2018.03.015.
- [3] U.S. Geological Survey, "Mineral commodity summaries 2020", U.S. Geological Survey, Reston, VA, USGS Unnumbered Series, 2020. doi: 10.3133/mcs2020.

- [4] Mack-Vergara, Y. L. y John V. M., "Global Concrete Water Footprint", en *2019 7th International Engineering, Sciences and Technology Conference (IESTEC)*, pp. 193-196 oct, 2019. doi: 10.1109/IESTEC46403.2019.00-77.
- [5] E. F. Irassar, V. M. John, J. I. Tobón, K. R. García Punhagi, y Y. L. Mack V., "Rol del cemento en la construcción de ciudades sostenibles y resilientes. El desafío Latinoamericano", sep. 2020. [En línea]. Disponible en: <https://ficem.org/dev/wp-content/uploads/2021/03/Paper-ciudades-resilientes.pdf> [Último acceso: 24 de mayo de 2020.]
- [6] P. K. Mehta, *Sustainable Cements and Concrete for the Climate Change Era – A Review*. Italy. 2010. [En línea]. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.457.2738&rep=rep1&type=pdf> [Último acceso: 10 de junio de 2022.]
- [7] S. A. Miller, A. Horvath, y P. J. M. Monteiro, "Impacts of booming concrete production on water resources worldwide", *Nature Sustainability*, vol. 1, n.º 1, Art. n.º 1, ene. 2018, doi: 10.1038/s41893-017-0009-5.
- [8] F. Locati, "Hormigón: ¿Una roca hecha por el hombre?", *Cicterránea*, vol. 3, pp. 30-34, dic. 2019, [En línea]. Disponible en: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revahhttp://revistas.unc.edu.ar/index.php/cicterranea/article/view/32162> [Último acceso: 23 de mayo de 2021.]
- [9] W.-K. Hong *et al.*, "Development of Structural Composite Hybrid Systems and their Application with regard to the Reduction of CO2 Emissions", *Indoor and Built Environment*, vol. 19, n.º 1, pp. 151-162, feb. 2010, doi: 10.1177/1420326X09358142.
- [10] Y. L. Mack-Vergara y V. M. John, "Life cycle water inventory in concrete production—A review", *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 122, pp. 227-250, jul. 2017, doi: 10.1016/j.resconrec.2017.01.004.
- [11] J. Rowley y F. Slack, "Conducting a literature review", *Management Research News*, vol. 27, n.º 6, pp. 31-39, ene. 2004, doi: 10.1108/01409170410784185.
- [12] K. Caballero, "Propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras metálicas", *Prisma Tecnológico*, vol. 8, n.º 1, Art. n.º 1, oct. 2017.
- [13] A. S. C. de Sánchez, C. Hernández, F. O. de Vergara, y J. A. Villar, "Acción del microambiente sobre el concreto reforzado", *Prisma Tecnológico*, vol. 13, n.º 1, Art. n.º 1, feb. 2022, doi: 10.33412/pri.v13.1.2545.
- [14] A. Cedeño, "Conducta del concreto reforzado bajo el efecto de diferentes microclimas", *I+D Tecnológico*, vol. 17, n.º 1, Art. n.º 1, ene. 2021, doi: 10.33412/idt.v17.1.2931.
- [15] L. Aizpurua, G. Moreno, y K. Caballero, "Estudio del concreto de alta resistencia con el uso de cenizas de materiales orgánicos y polímeros", *I+D Tecnológico*, vol. 14, n.º 2, Art. n.º 2, dic. 2018, doi: 10.33412/idt.v14.2.2071.
- [16] M. Pinto, C. Carrasco, y K. Caballero, "Estudio experimental del concreto poroso con la incorporación de distintas granulometrías", *I+D Tecnológico*, vol. 14, n.º 2, Art. n.º 2, dic. 2018, doi: 10.33412/idt.v14.2.2074.
- [17] A. Cedeño y C. Hernández, "Estudio del efecto ambiental industrial y marino sobre concreto reforzado expuesto en dos ciudades del pacífico panameño", *I+D Tecnológico*, vol. 17, n.º 2, Art. n.º 2, jul. 2021, doi: 10.33412/idt.v17.2.3168.
- [18] H. Osorio, L. Moreno, J. Montes, M. Cardales, y G. Ducasa, "Concreto a partir de agregado reciclado", *Revista de Iniciación Científica*, vol. 6, 2020, doi: 10.33412/rev-ric.v6.0.3127.
- [19] M. Aguilar, A. Fernandez, H. Garcíaz, B. Melamed, y C. Saavedra, "Reutilización de plástico como refuerzo para la construcción de aceras", *Revista de Iniciación Científica*, vol. 5, pp. 28-34, mar. 2019, doi: 10.33412/rev-ric.v5.0.2366.
- [20] Grupo ARGOS, "Integrated report – Cementos Argos: Empresa multinacional líder y sostenible", 2022. <https://argos.co/en/integrated-report/> [Último acceso: 9 de junio de 2022].
- [21] CEMEX, "Reporte Global 2021 - CEMEX", 2022. <https://www.cemex.com/sustainability/esg-reporting-center/global-reports> [Último acceso: 9 de junio de 2022].
- [22] United Nations, "Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development | Department of Economic and Social Affairs", 2015. <https://sdgs.un.org/publications/transforming-our-world-2030-agenda-sustainable-development-17981> [Último acceso: 9 de junio de 2022].
- [23] G. Habert *et al.*, "Environmental impacts and decarbonization strategies in the cement and concrete industries", *Nature Reviews Earth & Environment*, vol. 1, n.º 11, Art. n.º 11, nov. 2020, doi: 10.1038/s43017-020-0093-3.
- [24] CEPAL y NU, Eds., "Informe de la Tercera Reunión del Foro de los Países de América Latina y el Caribe sobre el Desarrollo Sostenible", ago. 2019, [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/45219> [Último acceso: 10 de junio de 2022].