

Inventario de consumo de agua de la producción de hormigón en Panamá hacia una producción sostenible

Yazmin L. Mack-Vergara^{1,2*} , Luis Sulbarán¹ , Yamileth Lima¹  y Vanderley John^{1,3} 

Inventory of water consumption in concrete production in Panama: towards sustainable production

1 Grupo de Investigación Sustainable Construction UTP, Centro Experimental de Ingeniería, Universidad Tecnológica de Panamá. Ciudad de Panamá, Panamá.

2 Sistema Nacional de Investigación (SNI) de Panamá. Ciudad de Panamá, Panamá.

3 Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil.



Citar como: Mack-Vergara *et al.* (2025). «Inventario de consumo de agua de la producción de hormigón en Panamá hacia una producción sostenible». *South Sustainability*, 6(2), e135.

DOI: 10.21142/SS-0602-2025-e135

Artículo recibido: 16/11/2025
Revisado por pares
Artículo aceptado: 11/12/2025



©Los autores, 2025. Publicado por la Universidad Científica del Sur (Lima, Perú)

*E-mail de correspondencia:
yazmin.mack@utp.ac.pa

RESUMEN

El agua es esencial para el desarrollo socioeconómico. En Panamá, la producción de hormigón, clave para viviendas e infraestructura, requiere de consumo hídrico. Este *policy brief* presenta el primer inventario de agua del sector, basado en datos primarios de empresas panameñas. El consumo varía entre 189.9 y 641.8 L/m³, y destaca la necesidad de optimizar procesos auxiliares y de estandarizar la medición y el reporte. Se recomienda adoptar el programa «Reduce Tu Huella Hídrica» para la medición de cantidad y calidad de agua de manera desagregada hacia fortalecer la resiliencia y la sostenibilidad del sector.

Palabras clave: huella hídrica, inventario de ciclo de vida, concreto sostenible, construcción sostenible, Panamá

ABSTRACT

Water is essential for socioeconomic development. In Panama, concrete production, crucial for housing and infrastructure, requires water consumption. This policy brief presents the first water inventory of the sector, based on primary data from Panamanian companies. Consumption ranges from 189.9 to 641.8 L/m³, highlighting the need to optimize auxiliary processes and to standardize measuring and reporting. It is recommended to adopt the «Reduce Your Water Footprint» program for the disaggregated measurement of water quantity and quality to strengthen the resilience and sustainability of the sector.

Keywords: Water footprint, life cycle inventory, sustainable concrete, sustainable construction, Panama



Introducción

El agua es esencial para el desarrollo socioeconómico (Comité de Alto Nivel de Seguridad Hídrica 2016, 2016). Su gestión sostenible es fundamental para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 6, Agua limpia y saneamiento, y constituye un eje transversal de la Agenda 2030 adoptada por Panamá (Consejo de la Concertación Nacional para el Desarrollo, 2017). El sector construcción es clave en la economía panameña (Figura 1) (CEPALSTAT, 2025). Sin embargo, la producción de hormigón, esencial para viviendas e infraestructura, requiere altos volúmenes de agua.

Gerbens-Leenes *et al.* (2018) estudiaron la huella hídrica azul y gris de materiales de construcción como el acero, el cemento y el vidrio, lo que evidencia la alta presión que estos ejercen sobre los recursos hídricos. De manera complementaria, Miller *et al.* (2018) y Mack-Vergara y John (2019) reportaron los impactos del acelerado crecimiento de la producción de hormigón sobre la disponibilidad mundial de agua. Eštová *et al.* (2022) analizaron específicamente cómo las estructuras de hormigón contribuyen al agotamiento de los recursos hídricos. Por lo tanto, una gestión adecuada de estos consumos resulta crítica en países como Panamá, donde persisten desafíos significativos de disponibilidad y calidad del agua (Comité de Alto Nivel de Seguridad Hídrica 2016, 2016; Larsen, 2019).

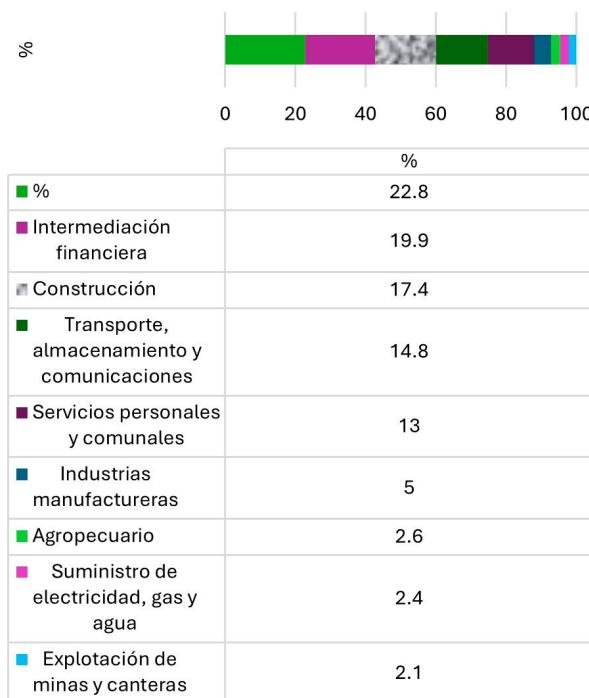


Figura 1. Valor agregado del producto interno bruto (PIB) por actividad económica a precios corrientes (en porcentajes) en 2024, según CEPALSTAT (2025).

Este *policy brief* resume la evidencia del primer inventario de agua en la producción de hormigón en Panamá, y destaca desafíos y oportunidades para tomadores de decisión. Se basa en la tesis doctoral *Huella hídrica del hormigón: una metodología optimizada* (Mack-Vergara, 2019) y en los resultados del proyecto IDDS22-54 «Inventario de agua, energía y CO₂ de la producción de hormigón en Panamá» y sus publicaciones científicas.

Enfoque y discusión

Necesidad de datos primarios

Por años, la producción de hormigón en Panamá careció de datos de consumo de agua, como evidenció el artículo «La necesidad de un inventario de agua, energía y CO₂ del hormigón en Panamá» (Lima *et al.*, 2023), que resaltó la importancia de medir. A partir de esa premisa, el proyecto IDDS22-54 «Inventario de agua, energía y CO₂ de la producción de hormigón en Panamá» construyó la primera base de datos nacional con información obtenida directamente de plantas productoras.

El uso de datos primarios medidos en planta, en lugar de estimaciones o promedios internacionales, permite identificar procesos críticos, comparar tecnologías y cuantificar de manera realista la eficiencia hídrica del sector de la construcción.

Primer inventario de agua de la producción de hormigón en Panamá

El inventario, desarrollado con base en datos mensuales de 2022, abarcó 11 plantas de hormigón que representan más del 60 % de la producción nacional reportada por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC, 2023). Sin embargo, solo 5 plantas cumplieron con los criterios del proyecto: consumo total mensual por planta incluyendo todas las fuentes de agua. Esto suma aproximadamente el 36 % de la producción nacional reportada por el INEC. De estas, 4 plantas reportaron datos por dos metodologías de inventario de agua distintas, por lo que en total se presentan 9 series en la Figura 2. Esto implica que la variabilidad reportada responde no solo a la eficiencia de las plantas, sino también a la diversidad de metodologías de medición y reporte (Mack-Vergara, 2019).

De las 6 plantas restantes, 2 reportaron únicamente el consumo de agua de la red pública, pese a contar con pozo privado; 1 no incluyó el uso de hielo para controlar la temperatura de la mezcla; y 3 presentaron información agregada de consumo de agua y producción en lugar de datos específicos por planta, por lo que fueron excluidas del inventario final. Esto evidencia dificultades en el monitoreo y en el reporte de datos ambientales.

Los resultados mostraron que el consumo total de agua oscila entre 189.9 y 641.8 L/m³ de hormigón. Esto incluye el agua de mezcla, que se integra al producto (en promedio 175 L/m³) (Mack-Vergara *et al.*, 2025). En otras palabras,

por cada litro de agua incorporado en el producto final, pueden usarse hasta tres litros adicionales en actividades auxiliares. El estudio evidenció un potencial de mejora de hasta 300 % entre las plantas, atribuido a diferencias tecnológicas, de manejo y de medición. Comparado con datos internacionales de entre 155 y 326 L/m³ para 2022 (Cemex, S. A. B. de C. V., 2023; Heidelberg Materials AG, 2023; Cementir Holding N. V., 2024; Cementos Argos S. A., 2024; Grupo Cementos de Chihuahua [GCC], S. A. de C. V., 2024; ÇimSA Çimento Sanayi Ve Ticaret A.Ş., 2024; Votorantim Cimentos International S. A., 2024), se evidencia que el límite inferior de Panamá es competitivo, pero el superior denota una gestión deficiente.

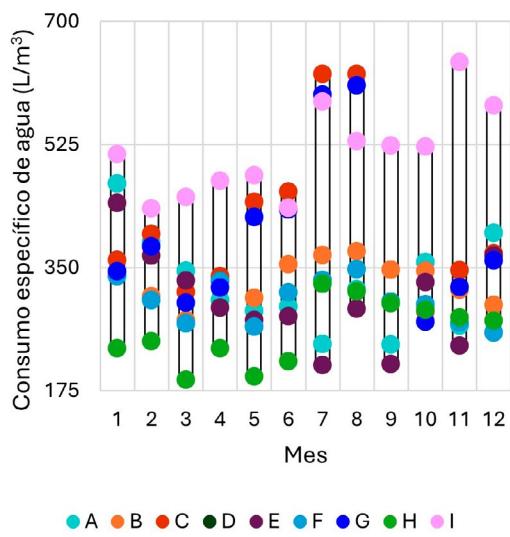


Figura 2. Resultados de 5 plantas para 2022: 4 plantas reportaron datos por 2 metodologías, por lo que hay un total de 9 puntos (A-I).

Es probable que las plantas que reportaron datos completos y desagregados operen con mayor eficiencia que aquellas excluidas del inventario, por lo que el rango nacional real podría ser más amplio. Este hallazgo refuerza la necesidad de establecer mediciones periódicas, al tiempo que evidencia las limitaciones de la línea base disponible.

Procesos que conllevan agua

El agua interviene en casi todas las etapas del ciclo operativo de una planta de hormigón (Figura 3) (Lima et al., 2025), incluyendo:

- Mezclado del hormigón.
 - Lavado interior y exterior de camiones mezcladores.
 - Control de polvo.
 - Humectación y control de temperatura de agregados.
 - Limpieza de patios.
 - Usos sanitarios y de laboratorio.

El inventario destaca que el agua para mezcla representa una fracción del total consumido, lo que resalta la importancia de controlar los procesos auxiliares, donde se concentran las mayores oportunidades de reducción.

En 2024, de 20 plantas visitadas, 14 plantas reportaron uso de agua potable, 15 de pozos, 2 de lluvia y 15 reutilización de aguas tratadas, lo que muestra avances en prácticas de economía circular. Sin embargo, la falta de medición sistemática persiste, especialmente en pozos y en la reutilización del agua (Lima *et al.*, 2025).

La mayoría de las plantas cuentan con sistemas de sedimentación para remover sólidos, pero no realizan análisis de parámetros como pH, turbiedad o sólidos suspendidos totales, entre otros. La ausencia de monitoreo de calidad limita la evaluación del impacto total y el cumplimiento con las normas panameñas de descarga y reutilización de agua DGNTI-COPANIT 35-2019 (Ministerio de Comercio e Industrias, 2019), 39-2023 (Ministerio de Comercio e Industrias, 2023) y 24-99 (Ministerio de Comercio e Industrias, 2000).

Cantidad versus calidad del agua

El enfoque de la tesis doctoral *Huella hídrica del hormigón: una metodología optimizada unifica ambas dimensiones; cantidad: volumen de agua consumido*

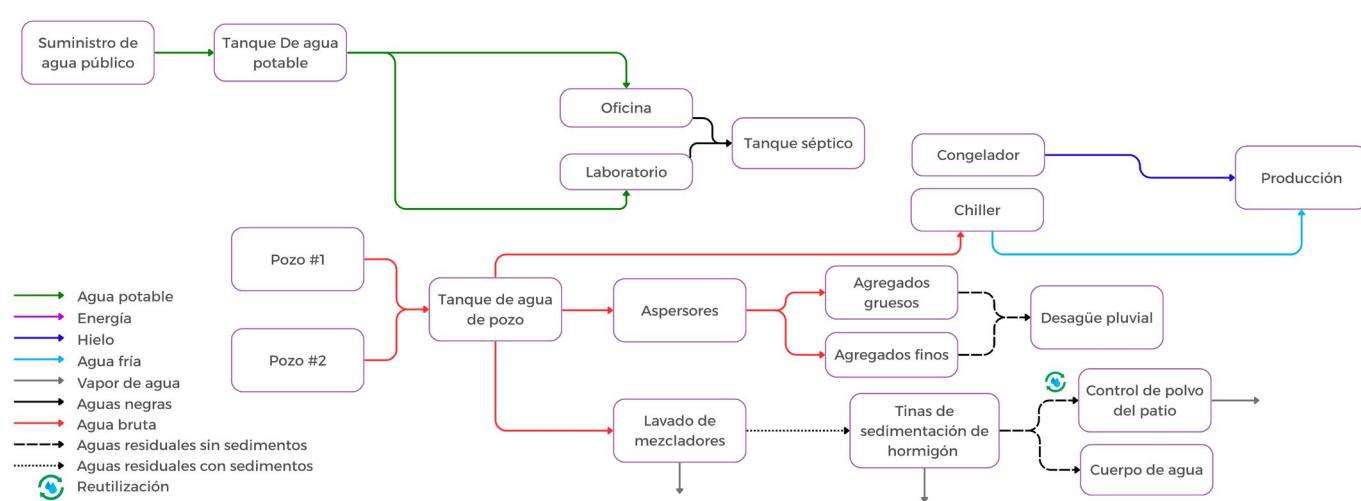


Figura 3. Diagrama de flujo de agua en una planta de producción de hormigón en la Ciudad de Panamá, basado en Lima *et al.* (2025).

(extracción menos descarga, evaporación o integración química), calidad: alteraciones físico-químicas o biológicas que limitan su uso (Mack-Vergara, 2019).

El inventario actual solo incluye la cantidad de agua; la calidad no ha sido evaluada y constituye un riesgo ambiental no cuantificado. Sin este componente no es posible estimar una huella hídrica completa, por lo que se recomienda su monitoreo y reporte.

«Reduce Tu Huella Hídrica»

El programa «Reduce Tu Huella (RTH) Hídrica» del Ministerio de Ambiente de Panamá (2022) ofrece un marco metodológico para el inventario de agua alineado con la norma ISO 14046 de huella hídrica (International Organization for Standardization, 2014) y con los ODS (Naciones Unidas, 2015). La adopción de la herramienta RTH Hídrica inició con 3 empresas piloto en 2021, que dieron paso a la participación de 34 organizaciones en 2022 y 52 en 2023 (Ministerio de Ambiente, sin fecha). Sin embargo, los resultados de estos inventarios, no están disponibles públicamente por el momento.

Su adopción en el sector del hormigón permitiría estandarizar la medición y el reporte del consumo de agua mediante indicadores como volumen por metro cúbico y calidad, lo que incluye fuentes y descargas, y verifica el balance. Además, facilitaría la comparación del desempeño entre plantas, promoviendo eficiencia y sostenibilidad.

La reutilización de agua debe reportarse por separado. Las plantas deberán informar su extracción por fuente, los volúmenes reutilizados y las descargas. Esto requiere un ajuste en la herramienta RTH Hídrica, pues actualmente la reutilización no se contabiliza de forma desagregada y queda implícita en el cálculo de consumo de agua. Esto puede generar interpretaciones incorrectas, ya que se reportan consumos menores al uso real y se limita el reconocimiento de las buenas prácticas de reutilización.

La integración de RTH articularía el sector con las metas nacionales de seguridad hídrica y adaptación climática, ya que mejora la transparencia y la rendición de cuentas ambiental.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones principales

El agua es el recurso más crítico en la producción de hormigón. Su gestión eficiente es esencial para la sostenibilidad del sector.

El primer inventario de agua del sector (2022) proporcionó un rango de 189.9-641.8 L/m³ basado en datos primarios de empresas panameñas. Este estudio preliminar, basado en el 36 % de la producción nacional reportada, establece una línea base de referencia para

el sector formal, hacia establecer políticas basadas en evidencia.

La industria carece de un protocolo estandarizado de contabilidad hídrica, lo que actualmente impide la evaluación efectiva de la eficiencia y estrategias de mejora. Fortalecer la gestión de datos es esencial para avanzar en sostenibilidad.

La falta de monitoreo de la calidad del agua utilizada y vertida constituye una brecha crítica que impide evaluar los impactos asociados a la contaminación, imposibilita la verificación del cumplimiento normativo y limita de manera significativa el potencial de reutilización.

El programa RTH Hídrica representa la plataforma nacional idónea para institucionalizar estos esfuerzos, al integrar medición, reporte y reconocimiento bajo un esquema único. Sin embargo, la herramienta debe ser mejorada, lo que incluye el reporte de extracción por fuente, volúmenes reutilizados y descargas.

Medir, reportar y reducir el consumo de agua en la industria de la construcción no solo contribuye al cumplimiento del ODS 6, sino que también fortalece la resiliencia, competitividad y responsabilidad ambiental del país hacia 2030 y 2050.

Recomendaciones de políticas públicas

- Fomentar la medición con datos primarios en todas las plantas productoras, instalando medidores y sistemas de monitoreo.
- Incorporar indicadores específicos del sector construcción (como L de agua por m³ de hormigón, porcentaje de reutilización de agua y parámetros de calidad de agua) dentro del módulo de reporte de una plataforma nacional.
- Adoptar el programa RTH Hídrica como estándar nacional para el registro, el reporte público y la verificación del uso del agua en la industria del hormigón y sectores afines, sujeto a la actualización metodológica que permita reportar extracción por fuente, volúmenes reutilizados y descargas.
- Establecer incentivos específicos que consideren tanto costos de instalación de equipos como de gestión de datos para facilitar la adopción de RTH Hídrica, especialmente en plantas pequeñas y medianas. Entre ellos, las compras públicas verdes para empresas certificadas y la depreciación acelerada para inversiones en estrategias que aumenten la eficiencia hídrica.
- Articular esfuerzos interinstitucionales para alinear la gestión hídrica con una política de construcción sostenible, vinculando la certificación RTH Hídrica con la demanda del mercado, mediante su integración en licitaciones públicas y esquemas de financiamiento verde para facilitar una mayor adopción.

Contribución de autoría

YLMV: conceptualización, metodología, análisis formal, investigación, redacción del borrador original, supervisión, administración del proyecto y adquisición de fondos.

YL y LS: investigación, curado de datos, y redacción, revisión y edición.

VJ: redacción, revisión y edición y supervisión.

Fuente de financiamiento

Esta investigación fue financiada por la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Senacyt) a través del proyecto IDDS22-54 «Inventario de agua, energía y CO₂ de la producción de hormigón en Panamá» (IDDS22-54), así como apoyada por el Sistema Nacional de Investigación (SNI) de Panamá.

Potenciales conflictos de interés

Ninguno.



Referencias bibliográficas

- Cementir Holding N. V. (2024).** *Sustainability Report 2023*. Disponible en: https://www.cementirholding.com/sites/default/files/documents/2024-11/Cementir%20Holding_Sustainability%20Report_2023.pdf
- Cementos Argos S.A. (2024).** *Somos luz verde. Reporte Integrado 2023*. Disponible en: <https://argos.co/wp-content/uploads/2024/02/Reporte-Integrado-2023.pdf>
- Cemex, S. A. B. de C. V. (2023).** *Setting the pace demonstrating commitment through action. Integrated Report 2023*. Disponible en: <https://www.cemex.com/es-MX/d/cemex-2023-integrated-report-en>
- CEPALSTAT. (2025).** «Panamá: perfil nacional económico, Portal de datos y publicaciones estadísticas». Disponible en: <https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/perfil-nacional.html?theme=2&country=pan&lang=es>
- Çimsa Çimento Sanayi Ve Ticaret A.Ş. (2024).** *Informe anual integrado 2023*. Disponible en: <https://cimsa.com.tr/en/wp-content/uploads/sites/3/2024/09/Cimsa-IAI-2023-ESP-v3-Final.pdf>
- Comité de Alto Nivel de Seguridad Hídrica. (2016).** *Plan Nacional de Seguridad Hídrica 2015-2050. Agua para Todos*. Disponible en: <https://www.undp.org/es/panama/publicaciones/plan-nacional-de-seguridad-hidrica-2015-2050-agua-para-todos>
- Consejo de la Concertación Nacional para el Desarrollo. (2017).** *Plan Estratégico Nacional con Visión de Estado, Panamá 2030*. Disponible en: <https://www.undp.org/es/panama/publicaciones/plan-estrategico-nacional-con-vision-de-estado-panama-2030>
- Ěštová, A., Wolfová Fabiánová, M. y Ondová, M. (2022).** «Concrete Structures and Their Impacts on Climate Change and Water and Raw Material Resource Depletion». *International Journal of Civil Engineering*, 20(6), pp. 735-747. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40999-022-00701-8>
- Gerbens-Leenes, P. W., Hoekstra, A. Y. y Bosman, R. (2018).** «The blue and grey water footprint of construction materials: Steel, cement and glass». *Water Resources and Industry*, 19, pp. 1-12. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wri.2017.11.002>
- Grupo Cementos de Chihuahua (GCC), S. A. de C. V. (2024).** *Integrated Report 2023*. Disponible en: <https://www.gcc.com/wp-content/uploads/2025/06/GCC-Integrated-Report-2023.pdf>
- Heidelberg Materials AG. (2024).** *Annual and Sustainability Report 2023*. Disponible en: https://www.heidelbergmaterials.com/sites/default/files/2024-03/HM_ASR_2023.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2023).** «Instituto Nacional de Estadística y Censo». Disponible en: <https://www.inec.gob.pa/>
- International Organization for Standardization. (2014).** *ISO 14046:2014 Environmental management—Waterfootprint—Principles, requirements and guidelines*. Génova: ISO.
- Larsen, M. C. (2019).** «Chapter 3 - Water Supply and Water Quality Challenges in Panama». En S. Ahuja (ed.), *Advances in Water Purification Techniques* (pp. 41-66). Ámsterdam: Elsevier. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814790-0.00003-X>
- Lima, Y., Sulbarán, L. y Mack-Vergara, Y. L. (2023).** «La necesidad de un inventario de agua, energía y CO₂ del hormigón en Panamá». *Revista de Iniciación Científica*, 9(2), pp. 17-22. Disponible en: <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v9.2.3837>
- Lima, Y. Y., Sulbarán, L. F. y Mack-Vergara, Y. L. (2025).** «Qualitative Characterization of Concrete Production in Panama from an Environmental Perspective: Water, Energy, and CO₂ Emissions». *Sustainability*, 17(5), 1918. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su17051918>
- Mack-Vergara, Y. L. (2019).** *Concrete water footprint: a streamlined methodology*. [Tesis de doctorado en Ciencias en Ingeniería Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo]. Disponible en: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-16092019-144335/pt-br.php>
- Mack-Vergara, Y. L. y John, V. M. (2019).** «Global Concrete Water Footprint». En 2019 7th International Engineering, Sciences and Technology Conference (IESTEC) (pp. 193-196). Disponible en: <https://doi.org/10.1109/IESTEC46403.2019.900-77>
- Mack-Vergara, Y. L., Sulbarán, L. y Lima, Y. (2025).** «Water Consumption of Concrete Production in Panama». En L. Ferrara, G. Muciaccia, y N. Trochoutsou (eds.), *Proceedings of the RILEM Spring Convention and Conference 2024* (pp. 421-428). Cham: Springer Nature Switzerland. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-031-70277-8_48
- Miller, S. A., Horvath, A. y Monteiro, P. J. M. (2018).** «Impacts of booming concrete production on water resources worldwide». *Nature Sustainability*, 1(1), pp. 69-76. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41893-017-0009-5>
- Ministerio de Ambiente. (2022).** «Huella Hídrica - Portal Reduce Tu Huella». Disponible en: <http://transparencia-climatica.miambiente.gob.pa/modulo-huella-hidrica>
- Ministerio de Ambiente. (Sin fecha).** «RTH Corporativo Hídrico. Plataforma Nacional de Transparencia Climática. Plataforma Nacional de Transparencia Climática de Panamá». Disponible en: <https://transparencia-climatica.miambiente.gob.pa/rth-corporativo-hidrico/>
- Ministerio de Comercio e Industrias. (2000).** Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 24-99. Agua. Calidad de agua. Reutilización de las aguas residuales tratadas. Disponible en: <https://mici.gob.pa/wp-content/uploads/2021/12/24rt-dgnti-copanit-24-1999-1.pdf>
- Ministerio de Comercio e Industrias. (2019).** «Descarga de efluentes líquidos directamente a cuerpos y masas de aguas superficiales y subterráneas (DGNTI - COPANIT - 35-2019)». Disponible en: <https://www.mici.gob.pa/wp-content/uploads/2021/12/35rt-dgnti-copanit-35-2019-1.pdf>
- Ministerio de Comercio e Industrias. (2023).** «Descarga de efluentes líquidos directamente a sistemas de recolección de aguas residuales (DGNTI-COPANIT 39-2023)». Disponible en: https://asep.gob.pa/wp-content/uploads/agua/legislacion/dgnti_39-2023.pdf
- Naciones Unidas. (2015).** «Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible». Disponible en: https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_es.pdf
- Votorantim Cimentos International S. A. (2024).** *Integrated Report 2023*. Disponible en: <https://www.votorantimcimentos.com/wp-content/uploads/2024/04/Integrated-Report-VC-2023.pdf>