

Desafíos de la gestión del agua en proyectos de obra: Una mirada para Costa Rica

Water management challenges in construction projects: A look at Costa Rica

Nidia Cruz-Zúñiga¹

Cruz-Zúñiga, N. Desafíos de la gestión del agua en proyectos de obra: una mirada para Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 38, N° especial. Marzo, 2025. I Congreso Internacional de Gestión de Proyectos (CIGEPRO). Pág. 74-82.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v38i6.8178>

1 Universidad de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Civil. San Pedro Montes de Oca. Costa Rica.
nidia.cruz@ucr.ac.cr
<https://orcid.org/0000-0002-4416-0626>



Palabras clave

Gestión ambiental; gestión del agua; buenas prácticas; construcción; huella de agua.

Resumen

El recurso hídrico es muy valioso y cada vez más escaso en el mundo. Existe una gran presión para dotar a la población en general del agua que se requiere para todas sus actividades y, en particular, en el sector construcción la demanda es alta y poco flexible. En el presente artículo se expone una síntesis de algunas investigaciones realizadas con estudiantes de grado respecto al panorama del consumo y la gestión del agua en proyectos de construcción de obra civil en el país. Si bien, los resultados que se presentan no corresponden a una muestra estadísticamente representativa del sector, permiten reflejar algunos de los principales desafíos que enfrentan. Los hallazgos han permitido evidenciar como, en la mayoría de los casos analizados, los patrones de uso del agua no cumplen con criterios de sostenibilidad y, en particular, el consumo directo parece tener un comportamiento lineal que responde más al tiempo que dura la obra que a las necesidades reales del recurso. Se evidenció que, aunque existe conciencia de la importancia de ahorrar agua, no es una prioridad ejecutar medidas concretas para lograrlo. La percepción de los profesionales y técnicos que trabajan en construcción parece indicar que el tema es relevante, pero ellos mismos reconocen una falta de conciencia y una inercia difícil de cambiar en la obra. Se concluye que, si en el sector construcción se quieren propiciar prácticas de sostenibilidad para el recurso hídrico, es necesario realizar un arduo trabajo para cambiar la cultura, las costumbres y los hábitos de consumo desde diferentes aristas y con diferentes actores clave.

Keywords

Environmental management; water management; good practices; construction; water footprint.

Abstract

Water is a very valuable resource and is becoming increasingly scarce in the world. There is great pressure to provide the general population with the water required for all its activities, and in the construction sector in particular the demand is high and inflexible. This article presents a summary of some research carried out with undergraduate students regarding the panorama of water consumption and management in civil engineering construction projects in the country. The results presented do not correspond to a statistical sample, but they allow us to reflect some of the main challenges that the sector faces. The results have shown how water use patterns do not meet sustainability criteria in most of the cases analyzed, and in particular consumption seems to have a linear behavior that responds more to the duration of the work than to the real needs of the resource. It is evident that, although there is awareness of the importance of saving water, it is not a priority to implement concrete measures to achieve it. The perception of professionals and technicians who work in construction seems to indicate that the issue is relevant, but they themselves show a lack of awareness and an inertia that is difficult to change in the work. It is concluded that if the construction sector wants to promote sustainable practices for water resources, hard work is required to change the culture, customs and consumption habits from different angles and different stakeholders.

Introducción

Los recursos hídricos se encuentran en riesgo debido al aumento del consumo de agua derivado de diferentes actividades humanas, lo que puede desencadenar un déficit de hasta el 40 % entre la demanda de agua y el agua disponible en el nivel mundial para el año 2030 [1]. En comparación con otras regiones del mundo, los países de América Latina y el Caribe cuentan con una importante dotación del recurso hídrico; a pesar de ello, alrededor de 150 millones de personas viven en áreas con gran escasez de agua, [1]. Esta región también presenta deficiencias en el establecimiento de políticas que promuevan el uso sostenible del agua, lo que dificulta el desarrollo de la cultura del ahorro y la conciencia acerca del impacto al agua.

El uso general de materia prima se ha triplicado en los últimos 40 años, siendo la industria de la construcción la que domina el crecimiento en la extracción global de materiales [2]. Cada material de construcción debe ser extraído, procesado y transportado a su lugar de uso, por lo que se considera que, además de los recursos que los componen, estos materiales tienen asociadas importantes cantidades de energía, agua y dióxido de carbono emitido, necesarios para su producción y transporte. El sector de la construcción es responsable del 16 % del consumo mundial de agua [3]. Otras fuentes indican que la construcción, particularmente de edificios, es directamente responsable de alrededor del 12% del consumo mundial de agua, que se consume a través de la producción de materiales, la construcción misma y otros procesos de apoyo [4]. A pesar de la creciente necesidad de que el sector de la construcción adopte principios de sostenibilidad en sus operaciones, la gestión del agua sigue siendo un área descuidada [5]. El Objetivo de Desarrollo Sostenible número 6 aspira a que, para el 2030, se aumente considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores, que se asegure la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce y que se reduzca el número de personas que sufren falta de agua [6].

En Costa Rica se han venido implementando cambios y adaptaciones en la gestión ambiental de los proyectos de construcción y, en particular, en lo referente al uso del recurso hídrico. Según el Informe Estado de la Nación, en el país se aprovecha eficazmente el recurso hídrico, pero no se logran controlar los impactos negativos de su uso intensivo en distintos sectores de la industria productiva [7]. Tanto la Cámara Costarricense de la Construcción [8] como el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos [9] han desarrollado guías y programas que propician un uso eficiente del agua en la industria de la construcción. A pesar de los esfuerzos, el panorama del consumo nacional sigue en aumento, y los problemas por falta del recurso quedan en evidencia con situaciones de racionamiento y desabasto cada vez más graves y frecuentes.

En la construcción sostenible es de suma importancia la combinación de los principios ecológicos, que promuevan el control de los recursos disponibles durante la construcción, reducir el consumo de recursos, conservar la biodiversidad y mantener un ambiente de calidad y saludable [10]. Diversos autores, como Kiberth [11], han señalado que el uso del agua se constituye como uno de los principales retos por mejorar en el camino hacia una construcción más sostenible.

Analizar el ciclo de vida de la actividad constructiva (planeación y diseño; obtención de materiales e insumos; construcción; operación y final del ciclo de vida) es clave para entender este desafío en el sector. Es en las primeras fases (planificación y diseño) donde se deberían enfocar los esfuerzos para gestionar mejor los recursos, debido a que es precisamente en estos estadios donde se toman las decisiones que tendrán impacto sobre todas las demás fases del ciclo de vida del proyecto. Aunque diversos programas y certificaciones buscan, entre otros aspectos, mejorar la gestión del agua para impactar en el rendimiento sostenible, parece que estas técnicas no se han aplicado eficazmente debido a la fragmentación y a la escasa

coordinación entre las partes interesadas en la construcción; además, se observa una falta de coherencia y de enfoque holístico a la hora de ayudar a los participantes a aplicar prácticas de construcción sostenible en las distintas fases de un proyecto [12].

Particularmente para Costa Rica, las noticias nacionales manifiestan que la escasez de agua es una problemática que afecta significativamente el desarrollo inmobiliario [13]. En ese sentido, durante 2014, alrededor de veintisiete cantones paralizaron por tiempo indefinido obras constructivas a raíz del faltante hídrico. Además, se ha observado, de manera creciente, manifestaciones de la población, tanto a nivel de centros de población como en zonas rurales, en donde reclaman de manera vehemente por la falta de recurso. Lo anterior ha quedado evidenciado en los informes del Estado de la Nación para los años 2023 y 2024, los cuales advierten, entre otros puntos, que existen evidencias de potenciales problemas de disponibilidad hídrica en el país, muchos de ellos en zonas de bajo desarrollo social. [14].

En cuanto al uso y consumo del agua en la construcción, Castillo [17] menciona dos posibles usos, directo e indirecto, y a la vez hace referencia a otros autores que también lo recalcan. A saber, es consumo directo de agua aquellas actividades cuyo uso del recurso sea imprescindible para el proceso constructivo, como en la preparación y el curado del concreto. Para estos casos, la calidad del agua debe ser de preferencia similar a la potable [18]. Por otro lado, es consumo indirecto aquel uso del recurso en actividades que la utilicen como auxiliar, tales como limpieza de materiales o equipos, control de polvo, limpieza de superficies de la obra. En estos casos, se puede utilizar otras fuentes de agua no precisamente potable [17].

La optimización del uso del agua comprende su utilización, conservación y la gestión de calidad; los cuales se puede agrupar en dos conceptos fundamentales: uso eficiente del agua y conservación del agua [18]. Aunque a veces se utilizan indistintamente, la eficiencia y la conservación del uso del agua son en realidad conceptos diferentes. La eficiencia mide la productividad del agua utilizada para fines específicos, mientras que, conservación remite al debate del desarrollo frente a la preservación y, por tanto, no es muy útil para los análisis destinados a identificar mejores opciones de gestión de la demanda de agua [18].

En cuanto a la reducción de pérdidas y residuos, el concepto de eficiencia de agua se apoya en la reutilización, el reciclaje y las fuentes alternativas. Al efecto, se identifican cuatro principios de la eficiencia hídrica: controlar y gestionar, reducir el uso, minimizar el consumo y sustituir el agua potable por agua gris o de lluvia [19]. Las investigaciones que se han realizado en la Universidad de Costa Rica para medir y sopesar el comportamiento del sector construcción en cuanto a la eficiencia y conservación del recurso hídrico, han considerado estos aspectos clave mencionados en la literatura y han sondeado entre los profesionales a cargo de las obras sus prácticas de consumo y por otro lado, han medido en diferentes proyectos el potencial impacto en el sector. Este artículo presenta una síntesis de los principales resultados de dichas investigaciones.

Metodología

El objetivo de la investigación se enmarca en retratar parte de la realidad de la gestión del agua en la construcción en Costa Rica. La investigación se ha realizado mediante varios trabajos finales de graduación de algunos estudiantes de Licenciatura en Ingeniería Civil, de la Universidad de Costa Rica; que han recopilado tanto datos de campo como consultas a profesionales a cargo de los proyectos, con el fin de definir el panorama del agua en la construcción. Las consultas realizadas contemplaron encuestas cerradas estructuradas dirigidas a representantes del sector construcción. La muestra alcanza las 30 personas del sector técnico profesional, mediante un sondeo a conveniencia, donde se mandó el link de la consulta de forma abierta a diferentes bases de datos de profesionales en el área con las que cuenta la Escuela de Ingeniería Civil,

y se esperó respuestas según la anuencia de cada persona. La composición de la muestra alcanzada reflejó que el 60% tienen el grado de licenciatura, 50% en ingeniería civil, seguido por 43.3% de ingeniería en construcción. La muestra contempló 60% de personas que indican trabajar en la GAM y 40% fuera de esta área. De la muestra obtenida, 20% son mujeres, lo que puede concordar con la realidad de la población trabajadora en el ámbito. Esta consulta es parte del trabajo realizado por Corrales [20].

Para la parte de las mediciones en campo se sintetizan los resultados de Mora [21], Mora y Cruz [22] y Castillo [15], quienes realizaron mediciones directas en campo del consumo de agua en diferentes proyectos durante la fase de construcción. Con los resultados de estos trabajos se buscó en el presente artículo realizar una comparación entre las percepciones que los profesionales tienen respecto a sus prácticas en campo y lo que se observó directamente en los proyectos. Aunque no se tienen muestras estadísticamente representativas del país, estos análisis dan una primera perspectiva de la situación con miras a profundizar las investigaciones y a plantear acciones en colaboración con el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos (CFIA) para incentivar, aún más, la sostenibilidad del recurso hídrico en el sector.

Resultados y discusión

El primer gran hallazgo que las diferentes investigaciones lograron aclarar es que no hay forma de mejorar la gestión de un recurso que no se mide detalladamente y que no se relaciona con cada actividad constructiva en términos de la cantidad del recurso que se consume. Tal como indicó Castillo [15] es necesario iniciar con un control adecuado de los consumos en obra, tanto directos como indirectos, y un registro detallado por consumo no solo por día, sino por avance en la obra y por volumen de otros materiales colocados -que requieran consumo de agua para sus procesos-. Esto fue luego reforzado en las investigaciones de Mora y Cruz [22], donde se evidenció, al cuantificar los consumos directos, como en las 4 obras visitadas y monitoreadas no existía una conciencia adecuada del ahorro del agua y se reflejaba un consumo que no guardaba proporción con las diferentes actividades que se iban realizando, sino que se dependía únicamente del tiempo transcurrido en obra.

En cuanto a los resultados preliminares de Corrales [20], se evidencia como las personas profesionales que están en el campo el día a día reconocen la importancia de la gestión ambiental de los proyectos para minimizar los impactos, pero no lo aplican tal cual. En especial respecto al cuidado del agua, el 40% califica la práctica actual de gestión del recurso como regular, contra solo un 13.3% que la califican como muy buena [20]. También, se ha evidenciado que en obra, la actividad del curado del concreto suele identificarse como la más demandante en agua (33.5% de las personas encuestadas la perciben así) a pesar de ser una acción muy puntual, y entre las mismas personas encuestadas el 29% indicaron que esta actividad del curado es donde más se desperdicia el preciado líquido; mientras que otras actividades más cotidianas como el control de polvo parece no ser tan importante para ellos en cuanto a consumo del recurso pese a que es una actividad que persiste más en el tiempo durante toda la fase de construcción.

En cuanto a la gestión en obra, entre las medidas más eficientes que se destacan está el tema de contar con un plan de manejo del agua, al igual que el tema de la colecta de agua de lluvia (65.5% de las personas así lo perciben). Respecto a las medidas más eficientes y aplicables para mejorar la gestión, la gran mayoría indican que aumentar la conciencia es uno de los puntos clave (79.3%) [20]. Finalmente, las consultas evidencian como muchas de las personas (más del 90%) afirman estar dispuestos a la reutilización del agua no potable, en especial para actividades como control de polvo (40.7%) o cabinas sanitarias (25.9%), pero en campo estas acciones aún se ven poco implementadas según lo observado en los diferentes proyectos

visitados [22]. De esas mismas visitas realizadas se determinó como la mano de obra es un factor crucial para el ahorro del recurso [21], pues muchas de las causas del desperdicio tienen que ver con errores humanos, o malas prácticas fácilmente corregibles. También las mediciones en campo evidenciaron que el consumo del agua tiene un comportamiento lineal, y es proporcional a los días de obra, y no a las actividades que se estén desarrollando [22], [15]. Esto refleja que el agua realmente no está siendo inteligentemente utilizada, sino que hay un abuso de consumo por estar siempre disponible, hasta incluso se puede asociar al relativamente bajo costo del servicio.

Volviendo a los datos de la consulta directa a los profesionales, es importante rescatar que respecto a la actividad que menos consume agua en la obra el 26% indicó que el uso de las cabinas sanitarias; por lo que lo asocian a una buena práctica para ahorro del recurso durante la construcción. Por otro lado, el 41% de los profesionales indicaron que la actividad en la que menos se desperdiciaba el agua era en la elaboración del concreto, pues consideran esta agua fundamental para la actividad y que queda inmersa en la obra, por lo que su uso está, según su apreciación, justificado [20]. Es importante anotar que, de comentarios asociados a estos resultados, se pudo reflejar que los profesionales opinan que el uso del agua para elaboración del concreto debe ser potable. Otro estudio realizado por Solís [24] midió en dos proyectos en construcción que el principal consumo de agua en la construcción se da por la mezcla de concreto, la cual representa en promedio el 54% del total del agua empleada en el proyecto.

En otro estudio realizado por Calderón [23] se indicó que entre los impactos que más miden las empresas constructoras está el consumo de energía (80%), luego el agotamiento de recurso naturales (60%) y, en tercer lugar, el uso del agua (con apenas un 40%). Esto concuerda con los resultados de las otras investigaciones donde se ve como el ahorro del agua no es una prioridad para el gremio de la construcción, aunque si reconocen su relevancia. Este mismo estudio [23], que utiliza una metodología mucho más robusta para evidenciar los impactos ambientales de los proyectos de obra, a través del análisis de ciclo de vida, logra evidenciar como, en términos de consumo de agua, los resultados indican que el uso de ventanerías de aluminio y de rejas de hierro son por mucho las acciones donde mayor consumo de agua se refleja (pues esta metodología contempla toda el agua total consumida para la actividad, incluida el agua de los procesos de explotación minera de esos materiales). Es interesante anotar que, tanto en los resultados de los proyectos medidos en obra, como en la percepción de los profesionales de donde se consume el recurso, en ninguno de los otros estudios se evidencian estos puntos como los de mayor consumo.

Tanto los proyectos de vivienda estudiados [22] como los proyectos de edificaciones verticales [15] reflejaron un comportamiento casi lineal en el patrón de consumo acumulado del agua, que más obedecía a un crecimiento vegetativo del consumo con el tiempo que al tipo de actividad que se estaba ejecutando en las obras. Esto podría evidenciar que no existen prácticas de ahorro que realmente influyan en las diferentes etapas del proyecto, sino que el consumo tiende a ser más o menos similar sin importar el avance que lleva la construcción. Otro hallazgo interesante de las investigaciones realizadas es que el comportamiento de consumo de agua en la obra está predominantemente liderado por el consumo directo (con excepción de la etapa donde se elaboran los cimientos, donde el consumo por concreto es casi similar al consumo directo) [15].

En la literatura [25] existen propuestas sobre el uso de alternativas al agua potable (pueden ser aguas subterráneas no tratadas, aguas pluviales o aguas grises), la reducción del uso mediante medidas de eficiencia mejorada y el empleo de sistemas de reutilización y reciclado. La jerarquía del agua sirve de base para priorizar las estrategias de conservación y evitar el

consumo o despilfarro innecesarios; sin embargo, las consultas evidencian cómo en el país aún se está lejos de que el gremio de la construcción interiorice y practique estas fuentes alternativas de agua en los proyectos [20].

En la literatura también se encuentra evidencia referente a que las actividades indirectas de construcción consumen aproximadamente más de dos tercios de la cantidad de agua utilizada en una obra [26]. Las investigaciones realizadas y citadas en este artículo evidenciaron que, para cuantificar correctamente este consumo, se requieren análisis más robustos que contemplen toda la demanda del recurso hídrico, como el análisis de ciclo de vida utilizado por Calderón [23]; y no solo el consumo directo que se ve en campo. Este enfoque podría ser el punto de partida para reforzar los esfuerzos que el CFIA está realizando para impulsar indicadores más integrales del uso del recurso hídrico en la construcción, como lo es la huella de agua.

Por otro lado, en cuanto a las medidas más comunes, que no se implementaban o se utilizan poco en los casos estudiados y que fácilmente podrían marcar una diferencia significativa estuvieron:

- Reparación de mangueras dañadas
- Colocación de pistolas de agua para control de salida
- Uso de curadores químicos para fraguado de concretos
- Colocación de llaves de paso tipo “push” para regular el caudal, en especial en lavatorios.
- Construcción de baterías de baño con inodoros de bajo consumo
- Conexión lo más rápido posible a la red de alcantarillado sanitario (si existe)

Al consultar a los profesionales entrevistados [20] sobre diferentes medidas que creen más convenientes para reducir el consumo del agua en la obra, en la categoría de política en general, las medidas más gustadas fueron la introducción de un plan de acción sobre el agua (17%), reutilizar el agua de lluvia (17%) y contar con una guía para el ahorro del agua en la construcción (16%). En contraste, el 25% indican que aumentar la tarifa del agua sería irrelevante y 21% indicaron que fomentar las auditorías de agua tampoco sería pertinente. En cuanto a medidas asociadas a la cultura y actitud de los trabajadores del sector, la más relevante (32% de las personas la prefirieron) fue el fomentar una conciencia sobre la importancia del agua; mientras que el 45% piensan que introducir sanciones al personal no sería eficiente. En cuanto a medidas asociadas a tecnología u otras opciones técnicas en la construcción, el 53% de los profesionales opinan que el uso de agentes de curado o aditivos no ayuda con el problema; mientras que 46% indican más bien que es altamente efectivo el uso de estas sustancias, lo que refleja un punto de discordia al respecto. Esto parece estar muy relacionado con las prácticas de cada persona y la experiencia que haya tenido con dichas sustancias, pues las respuestas son poco contundentes en el tema.

Uno de los principales hallazgos de la investigación fue que el 92.9 % de los profesionales encuestados estarían dispuestos a reutilizar agua o a utilizar agua no potable en sus proyectos, si un tercero le garantiza la idoneidad. Al respecto de este punto la autora ha estado realizando más investigaciones asociadas al potencial de aprovechamiento de aguas tratadas para los procesos de producción y curado de concretos, ya que en el país existe poca información aun al respecto.

Conclusiones

Los resultados de las investigaciones que se compilan en el presente artículo han evidenciado la necesidad de trabajar más fuertemente en políticas e incentivos que propicien una conciencia y efectividad en el ahorro del recurso hídrico en la industria de la construcción. Como se pudo ver, a pesar de que las personas consultadas indican ser conscientes de los impactos al agua de su actividad productiva, los resultados de las visitas de campo y las mediciones en diferentes proyectos evidencian que la conciencia de los profesionales a cargo de las obras no es suficiente para cambiar los patrones de consumo. También se evidenció como el consumo directo es solo una pequeña parte de los múltiples aspectos que impactan al recurso hídrico en la construcción, pero es el más tangible y el que la mayoría de los profesionales entrevistados reconoce. Por lo tanto, para evidenciar los muchos otros aspectos ambientales asociados a la huella de agua de un proyecto, se requiere continuar con más investigaciones que profundicen en la identificación de todas las aristas de este indicador ambiental. Ello permitirá poner a disposición del gremio profesional asociado a la construcción en el país un aporte significativo desde la academia al sector.

Referencias

- [1] Banco Mundial, “Involucrarse más: ¿cómo resguardar los recursos hídricos de América Latina?”, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2023/05/19/involucrarse-mas-como-resguardar-los-recursos-hidricos-de-america-latina#:~:text=La%20mayor%C3%ADa%20de%20los%20pa%C3%ADses,el%20mundo%20ser%C3%A1%20del%2040%25>. [Accedido: 09-jun-2024].
- [2] CEPAL, “La extracción mundial de materiales se triplicó en cuatro décadas y agudiza el cambio climático y la contaminación atmosférica”, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/comunicados/la-extraccion-mundial-materiales-se-triplico-cuatro-decadas-agudiza-cambio-climatico-la>. [Accedido: 09-may-2024].
- [3] Universidad Católica (UC) Santo Toribio de Mogrovejo, “APLICACIONES DEL AGUA EN LA INGENIERÍA CIVIL”, Perú, 2014.
- [4] R. H. Crawford y S. Pullen, “Life cycle water analysis of a residential building and its occupants”, *Building Research & Information*, vol. 39, no. 6, pp. 589-602, 2011. <https://doi.org/10.1080/09613218.2011.584212>.
- [5] Y. Xing, “A Framework Model for Assessing Sustainability Impacts of a Built Environment”, en *International Conference on Whole Life Urban Sustainability and its Assessment*, Glasgow, 2007, pp. 1-23. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/222666175_A_framework_model_for_assessing_sustainability_impacts_of_urban_development. [Accedido: 09-sep-2023].
- [6] Naciones Unidas (UN), “Objetivo 6 del Desarrollo Sostenible: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”, Nueva York, EE.UU., 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>. [Accedido: 01-nov-2023].
- [7] Programa Estado de la Nación (PEN), “Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible”, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12337/2983>. [Accedido: 29-sep-2023].
- [8] Cámara Costarricense de la Construcción (CCC), “Guía Construcción Sostenible”, San José, Costa Rica, 2016.
- [9] Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA), “Programa Bandera Azul Ecológico Categoría Construcción Sostenible”, San José, Costa Rica, 2017.
- [10] P. Alavedra, J. Domínguez, E. Gonzalo, y J. Serra, *La construcción sostenible. El estado de la cuestión*, Madrid, España, 2014.
- [11] C. J. Kibert, “Sustainable Construction at the Start of the 21st Century”, *Int. E-Journal Construction*, pp. 1-7, 2003. [En línea]. Disponible en: <https://www.eurogypsum.org/wp-content/uploads/2015/05/N191.pdf>. [Accedido: 09-may-2023].
- [12] L.-Y. Shen, J. L. Hao, V. W.-Y. Tam, y H. Yao, “A Checklist for Assessing Sustainability Performance of Construction Projects”, *Journal of Civil Engineering and Management*, vol. 13, no. 4, pp. 273-281, 2007. <https://doi.org/10.3846/13923730.2007.9636447>.
- [13] M. Salazar, “Disponibilidad de agua frena permisos de construcción”, *La República*, 2014. [En línea]. Disponible en: https://www.larepublica.net/noticia/disponibilidad_de_agua_frena_permisos_de_construccion_2014-09-22. [Accedido: 08-may-2024].

- [14] Estado de la Nación, "Informe del Estado de la Nación. Capítulo 1. Sinopsis", 2023. [En línea]. Disponible en: https://estadonacion.or.cr/capitulo/?doc=IEN2023_cap1. [Accedido: 01-sep-2024].
- [15] J. P. Castillo, "Metodología para el control y análisis del consumo de agua durante la fase constructiva de obra gris", Licenciatura, Universidad de Costa Rica, Costa Rica, 2021.
- [16] A. Dubravcic, "Cuantificación del Consumo de Agua en el Proceso Constructivo de Viviendas Unifamiliares Tipo. Estrategias de Minimización", en 3er Congreso Internacional de Construcción Sostenible y Soluciones Eco-Eficientes, Sevilla, España, 2017, pp. 1084-1107.
- [17] V. Valdez, Aplicaciones del agua en Ingeniería Civil. Tecnología de los materiales de construcción, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Perú, 2014.
- [18] D. B. Brooks, "An operational definition of water demand management", International Journal of Water Resources Development, vol. 22, no. 4, pp. 521-528, 2006. <https://doi.org/10.1080/07900620600779699>.
- [19] D. J. McNab, M. Lynch, y P. Young, Auditing of water use on construction sites-Phase I, Waste and Resources Action Programme (WRAP), Mabbett & Associates Ltd., 2011.
- [20] B. Corrales, "Diagnóstico de la realidad de uso y consumo de agua en el sector construcción en Costa Rica", Licenciatura, Universidad de Costa Rica, Costa Rica, en proceso.
- [21] A. Mora-González, "Cuantificación de la Huella Hídrica en el proceso constructivo: bases para la elaboración de una Guía Técnica", Licenciatura, Universidad de Costa Rica, Costa Rica, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://ruie.ucr.ac.cr/catalogo/Record/INII-UIR-CD-22057?sid=638758>. [Accedido: 09-jun-2024].
- [22] A. Mora-González y N. Cruz-Zúñiga, "Huella hídrica en el proceso constructivo como indicador de sostenibilidad: un estudio de caso para Costa Rica", Revista Tecnología En Marcha, vol. 37, no. 2, pp. 36-48, 2024. <https://doi.org/10.18845/tm.v37i2.6684>.
- [23] B. Calderón, "Aplicación de la metodología de Análisis de Ciclo de Vida para la estimación de los impactos ambientales de un proyecto de infraestructura educativa", Licenciatura, Universidad de Costa Rica, Costa Rica, 2024.
- [24] M. Solís, "Metodología para el control y análisis del consumo de agua durante la fase constructiva de obra gris", Licenciatura, Universidad de Costa Rica, Costa Rica, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr/items/63ede70a-9a07-4cad-af5a-95cdef71f82>. [Accedido: 07-sep-2023].
- [25] C. Waylen, J. Thornback, y J. Garrett, "An Action Plan on Reducing Water Usage on Construction Sites", Strategic Forum for Construction, vol. 3, pp. 6-55, 2011. [En línea]. Disponible en: <https://www.constructionleadershipcouncil.co.uk/wp-content/uploads/2021/02/SCTG09-WaterActionPlanFinalCopy.pdf>. [Accedido: 09-sep-2023].
- [26] K. G. A. S. Waidyasekara, L. De Silva, y R. Rameezdeen, "Water use efficiency and conservation during construction: drivers, barriers and practices", Built Environment Project and Asset Management, vol. 6, no. 5, pp. 553-566, 2016. <https://doi.org/10.1108/BEPAM-09-2015-0052>.

Declaración sobre uso de Inteligencia Artificial (IA)

Los autores aquí firmantes declaramos que no se utilizó ninguna herramienta de IA para la conceptualización, traducción o redacción de este artículo.