



## La industrialización como impulso a la sostenibilidad en el sector de la construcción

*Carmen Aparicio, economista en Analistas Financieros Internacionales, S.A.; Jaime Ferrer, experto en Economía Circular en el sector de la construcción y director de Habitat4All; María Romero, socia directora de Economía en Analistas Financieros Internacionales, S.A.; Juan Sosa, economista en Analistas Financieros Internacionales, S.A.*

### Resumen

*El sector de la construcción se enfrenta a múltiples retos, entre los que destaca especialmente la sostenibilidad. A pesar de los recientes avances tecnológicos y normativos, persisten importantes obstáculos en cuanto a la cantidad de emisiones que genera (no sólo durante su proceso de producción, sino también a lo largo de su ciclo de vida). La industria de la construcción es el principal sector consumidor de recursos naturales, de agua y recursos energéticos, así como en términos de generación de residuos. Sin embargo, la transición hacia un sector sostenible de la construcción se enfrenta a retos económicos y sociales que deben ser abordados.*

*En este contexto, la construcción industrializada emerge como una solución innovadora para la industria, con el potencial de mejorar la eficiencia, impulsar la industria manufacturera, reducir los costes totales de propiedad, y abordar los retos de sostenibilidad, todo a la vez. No obstante, para que la construcción industrializada alcance niveles de penetración significativamente superiores a los actuales, son necesarios apoyos especiales que combinen políticas gubernamentales adecuadas con incentivos para los agentes del mercado.*

### Abstract

*The construction industry faces multiple challenges, among which sustainability stands out. Despite recent technological and regulatory advances, significant drawbacks persist in terms of the amount of emissions it generates (not only during its production process but also over its lifecycle). The construction industry is the main individual sector regarding the consumption of natural resources, water and energy resources, as well as in terms of waste generation. In turn, the transition to a sustainable construction industry faces economic and social challenges that must be managed.*

*In this context, industrialized construction emerges as an innovative solution for the industry, with the potential of improving efficiency, boosting the manufacturing sector, reducing total costs of ownership, and addressing sustainability challenges, all in one. However, for industrialized construction to attain significantly higher levels of penetration than it currently holds, special support is needed combining appropriate governmental policies with incentives for market players*

- 01**      **Introducción**
- 02**      **La sostenibilidad actual del sector de la construcción en España**
- 03**      **La construcción industrializada como alternativa sostenible**
- 04**      **Ventajas concretas de la construcción industrializada en términos medioambientales**
- 05**      **Conclusiones**

## **1. Introducción**

El sector de la construcción en España constituye el principal contribuyente a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), además de ser un generador significativo de residuos y un consumidor intensivo de agua y de recursos naturales. Frente a los objetivos de reducción de GEI establecidos por la Unión Europea, que persiguen la neutralidad climática para el año 2050, las normativas vigentes exigen ahora la neutralidad de carbono en edificaciones. Esta situación subraya la imperiosa necesidad de adoptar medidas concretas que aborden los desafíos ambientales a lo largo de toda la cadena de valor del sector de construcción.

En términos de emisiones, las atribuibles al sector de la construcción no solo provienen de las actividades directas de construcción y uso subsiguiente de las edificaciones, sino también de operaciones extendidas a lo largo de su cadena de valor. La huella de carbono de cualquier producto o servicio se categoriza en tres niveles de alcance: (i) el alcance 1, que incluye emisiones directas resultantes de las actividades propias de las empresas constructoras; (ii) el alcance 2, que comprende las emisiones indirectas relacionadas con la electricidad que la empresa adquiere y consume, abarcando tanto la generación como la transmisión de esta energía; y (iii) el alcance 3, que abarca todas las demás emisiones indirectas que se producen en la cadena de valor de la empresa, incluidas las emisiones derivadas de la extracción y producción de materiales adquiridos, así como el transporte de dichos materiales.

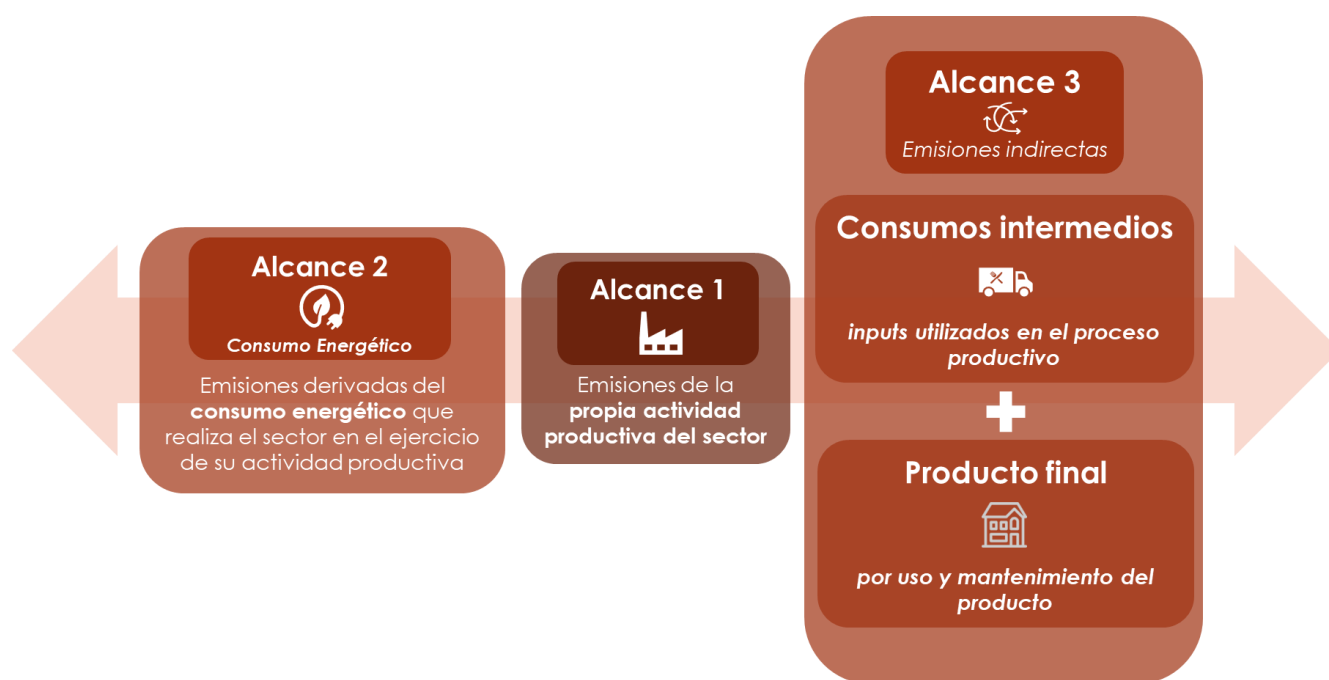
## **2. La sostenibilidad actual del sector de la construcción en España**

Los edificios son responsables del 40% del total de emisiones de CO<sub>2</sub> en España, destacándose principalmente las generadas durante la fase de

uso en comparación con las de construcción. En 2021, el sector de la construcción y el uso residencial contribuyeron con un total de 84,3 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente. De esta cantidad, aproximadamente 50 millones de toneladas provinieron del uso de las viviendas, mientras

que el resto se relaciona con las emisiones derivadas de la construcción y los materiales y servicios necesarios. Específicamente, **las emisiones del alcance 3 son las más significativas**, dada la alta intensidad energética de materiales como el hierro y el cemento.

**Figura 1: Alcances de la huella de carbono del sector de la construcción y su cadena de valor, según el Acuerdo de París**



Fuente: Afi

El sector de la construcción es responsable del **16% del consumo mundial de agua**, siendo un 9% de las extracciones de fuentes naturales dedicadas a la producción de cemento y hormigón. En un contexto donde España enfrenta una acelerada desertificación y sequías más frecuentes, se hace esencial una gestión eficiente de los recursos hídricos.

La huella hídrica del sector se puede categorizar en dos dimensiones: **la huella directa y la huella indirecta**. La huella directa incluye el agua utilizada directamente en la fabricación del hormigón, la preparación del terreno, durante la vida útil del edificio y en su demolición. Por otro lado, la huella indirecta abarca el agua empleada por las industrias auxiliares en la producción de materiales como ladrillos, cemento y revestimientos. **La elección de**

**materiales y procesos constructivos es crucial para determinar la huella hídrica de un edificio.** Materiales como la madera generan una huella menor en comparación con el aluminio o el acero inoxidable de origen virgen (si se tienen en cuenta los saldos hídricos netos entre absorción, efecto recarga de acuíferos, disminución de erosión y generación de humedad, asociados a los bosques).

Adicionalmente, **métodos como la construcción industrializada (CI), que optimizan el uso del agua en la fase de producción** pueden reducir significativamente la huella hídrica del sector. A su vez, la CI permite un diseño eficiente que contemple la vida útil del edificio como, por ejemplo, introduciendo sistemas de captación de aguas pluviales que permitan su reutilización

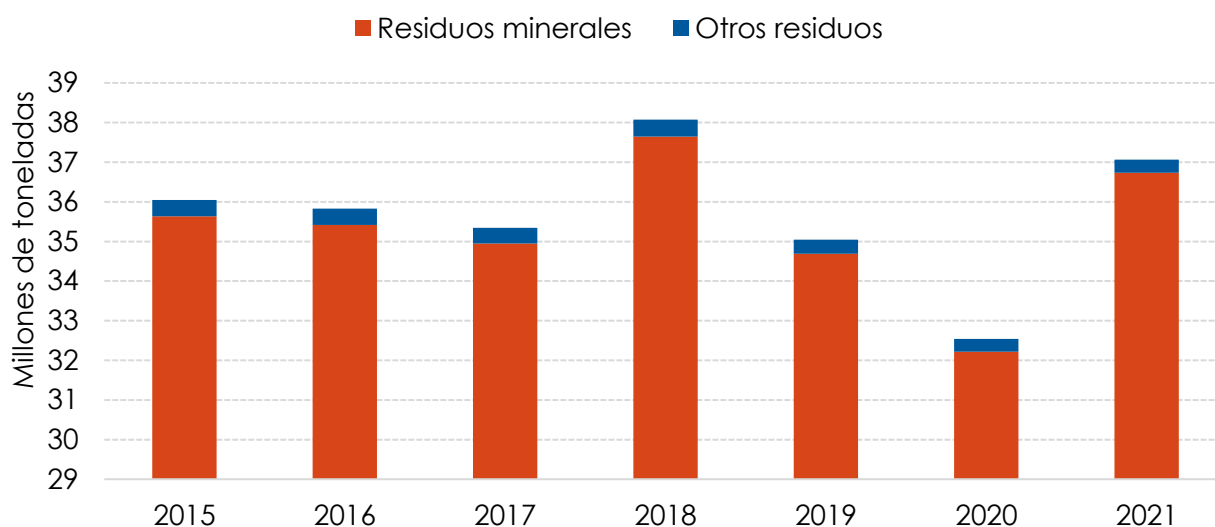
en aplicaciones como el riego o los sistemas sanitarios del edificio.

En cuanto a la generación de residuos, el sector de la construcción es un contribuyente significativo, produciendo anualmente alrededor de 40 millones de toneladas de desechos, según la Contabilidad Medioambiental del INE. Esto representa casi un tercio del total de los desechos generados por la sociedad. La mayoría de estos residuos son de naturaleza mineral y su manejo eficiente es crucial para reducir el impacto ambiental del sector.

El manejo de los residuos de construcción y demolición (RCD) es una prioridad dentro del

sector, debido a su alto potencial de reutilización y su contribución a la circularidad en la construcción. En 2021, aproximadamente la mitad de estos residuos fue reciclada, mientras que la otra mitad se revalorizó de diversas maneras. Sin embargo, existe una oportunidad significativa para mejorar la gestión de estos residuos, ya que en su mayoría se destinan a aplicaciones de bajo valor, como rellenos. La integración de materiales reciclados en nuevas construcciones, como el acero, la madera y el hormigón prefabricado, puede elevar su valor y promover una mayor circularidad en el sector.

Figura 2. Residuos generados por el sector de la construcción (millones de toneladas, 2008-2021)



Fuente: Afi, INE.

### 3. La construcción industrializada como alternativa sostenible

En este contexto, la construcción industrializada, con un enfoque circular, surge como una alternativa prometedora frente a los métodos tradicionales, ofreciendo múltiples beneficios para abordar los desafíos sostenibles de la economía española. Esta modalidad se distingue por su alta repetibilidad y estandarización, así como por la capacidad de

adaptación y transformación del edificio, resultando en una reducción significativa del consumo energético, optimización del aislamiento, eficiente utilización de materias primas y una reducción del peso estructural. Además, la construcción industrializada destaca por su rapidez de ejecución, menor impacto ambiental y un alto potencial de circularidad, contribuyendo de manera efectiva a la sostenibilidad.

La CI incorpora una variedad de tecnologías que utilizan distintos procesos productivos, costes y materiales, lo que facilita la oferta de soluciones habitacionales más accesibles y en tiempos

reducidos comparados con los métodos convencionales. Entre las técnicas más destacadas se encuentran la construcción con madera trezada, madera contralaminada (CLT), estructuras ligeras de acero ('steel frame'), estructuras de acero moldeado en caliente, y hormigón prefabricado, tanto en formatos bidimensionales (componentes prefabricados) como tridimensionales (módulos habitacionales completos), cada una presentando ventajas y desafíos específicos.

**Las características distintivas de la construcción industrializada subrayan su diferenciación de los métodos tradicionales**, comenzando con el ecodiseño, que alinea los proyectos con los más altos estándares de calidad en diseño arquitectónico. Este enfoque implica una planificación y diseño meticulosos, asegurando la precisión de cada componente, optimizando así el uso de materiales y minimizando tanto la huella energética como la hídrica. **El empleo de tecnologías digitales como el Building Information Modelling (BIM) facilita una coordinación eficiente entre los diversos actores involucrados**, como diseñadores, promotores, constructores, industriales y administraciones públicas.

**La mayor parte de las actividades productivas se centraliza en entornos controlados de fábrica**, donde dos o tres instalaciones pueden manejar entre el 75% y el 80% del valor final del proyecto. Esto contribuye a una reducción significativa de los plazos de ejecución en comparación con la construcción convencional. Las actividades en el sitio de construcción se limitan principalmente a montajes rápidos, cuando alturas menores a 4 plantas lo permiten 'en seco', llevados a cabo por industriales en colaboración con un contratista general. Además, **la construcción industrializada destaca por su alto potencial para la reutilización, reciclabilidad y recuperación de materiales**, lo que refuerza aún más su contribución a la sostenibilidad del proceso constructivo.

La construcción industrializada se caracteriza por su **versatilidad**, capaz de adaptarse a una diversidad de proyectos, desde viviendas unifamiliares hasta complejos multifamiliares y edificaciones públicas e industriales. Esta

flexibilidad se manifiesta no solo en la capacidad de personalización dentro de procesos estandarizados, sino también en la eficiencia energética, desmontando la idea de que estos métodos son impersonales. La CI permite la creación de soluciones arquitectónicas únicas y replicables que se ajustan a contextos y necesidades específicos, como en el caso de proyectos de vivienda asequible que aprovechan macro licencias urbanísticas en zonas municipales determinadas. Para proyectos de bloques multifamiliares, la estandarización ofrece economías de escala, manteniendo altos estándares de calidad y eficiencia.

**En términos de beneficios**, la CI se distingue por ventajas significativas tanto en el ámbito socioeconómico como medioambiental. **Desde la perspectiva socioeconómica**, destacan la adaptación flexible de la oferta a la demanda, la capacidad para construir rápidamente en áreas con escasez de mano de obra, y la facilitación de proyectos seriados que permiten una reducción de costos. Contribuye al desarrollo industrial del país y al fomento de zonas rurales siendo idóneas las zonas despobladas para la instalación de centros fabriles de componentes de madera tratada y de hormigón prefabricado, además de mejorar los costes totales de propiedad (CTP), que incluyen el presupuesto de ejecución y los costes asociados al ciclo de vida hasta la desconstrucción y reciclaje. Esto último es particularmente relevante para promociones de alquiler, donde la construcción industrializada puede ofrecer precios más competitivos que la construcción tradicional.

**En el plano medioambiental**, la CI promueve un ecodiseño orientado a la economía positiva de recursos, energía y agua. La alta reciclabilidad de los materiales utilizados y la posibilidad de construir en zonas propensas a sequías son claros ejemplos de cómo la construcción industrializada puede contribuir significativamente a la sostenibilidad y a la reducción del impacto ambiental

# 4. Ventajas concretas de la construcción industrializada en términos medioambientales

La mejora de la sostenibilidad en la construcción industrializada se extiende desde el **ecodiseño** hasta la **demolición selectiva** y el **reciclaje**, implementando prácticas que minimizan el impacto ambiental en un entorno controlado. La incorporación de principios de sostenibilidad medioambiental desde la fase de diseño es fundamental para reducir el impacto de la construcción en el entorno natural. Estos principios guían la selección de materiales renovables, reciclados o reciclables, esenciales para disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>. Por

ejemplo, el uso de **madera procesada** como CLT o madera entrelazada, proveniente de fuentes certificadas y recicladas, y el empleo de **acero y hormigón reciclados o biológicos** ofrecen alternativas menos contaminantes en comparación con los materiales tradicionales.

En términos de emisiones, la madera contribuye con tan solo 0,084 kg de CO<sub>2</sub> equivalente por unidad, mientras que el cemento, un componente habitual en la construcción tradicional, emite 0,782 kg de CO<sub>2</sub> eq. por unidad. Además de las ventajas en términos de emisiones, estos materiales avanzan la **durabilidad de los componentes de construcción** y contribuyen a una reducción significativa en la generación de residuos. El acero reciclable es particularmente destacable en este aspecto, dado que la industria ha logrado altas tasas de reciclaje y ha desarrollado técnicas que maximizan la eficiencia del material en cada ciclo de uso.

Figura 3. Impacto medioambiental de distintos materiales empleados en la construcción



Fuente: Proyecto Economía Circular España (2022). Acelerando la transición en el sector de la construcción



La fabricación en serie y la estandarización, características de la construcción industrializada no solo incrementan la eficiencia, sino que también minimizan significativamente el desperdicio. Las plantas de fabricación que emplean **acero estructural y 'light steel framing'** logran reducir los residuos hasta en un 10%, gracias a la precisión en el corte y ensamblaje. Además, la tasa de reciclaje de materiales en estos entornos puede llegar hasta el 90%, en contraste con el 10% que se observa en la construcción tradicional. Este aumento notable en la sostenibilidad se refleja en un cambio en la composición de los residuos generados, pasando de una predominancia de materiales minerales a materiales con altas tasas de reciclaje.

El proceso de fabricación inherente a la construcción industrializada optimiza tanto el montaje como el desmontaje de estructuras, ampliando el valor terminal de los edificios como **'bancos de materiales'**. Técnicas como la prefabricación y los métodos modulares permiten una **flexibilidad de diseño** y una **reutilización eficiente de materiales** al final de su vida útil, evitando la demolición total y el consiguiente desperdicio. Se fomenta una gestión adecuada de residuos mediante sistemas especializados que clasifican y separan materiales para su reciclaje. Además, se promueve la reutilización de componentes de edificios existentes siempre que sea viable, y se establecen modelos de negocio circulares que facilitan el intercambio de materiales entre proyectos. Este enfoque cobra especial relevancia en estructuras de madera, donde la reutilización de componentes puede ser más directa debido a la simplicidad de los elementos constructivos.

## 5. Conclusiones

En conclusión, la **construcción industrializada** emerge como una solución para que el sector aborde el desafío de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigue el deterioro de los recursos naturales, como materiales vírgenes y agua. Esto se alinea con los objetivos de sostenibilidad ambiental a nivel global. Al integrar principios de sostenibilidad en

toda la cadena de valor, desde el diseño hasta el fin de la vida útil del edificio, la construcción industrializada marca una mejora notable en la mitigación del impacto ambiental y en la eficiencia y calidad, en comparación con los métodos tradicionales. Destacan en particular:

- **Ecodiseño:** Adopta los mejores estándares de calidad y minimiza el uso de materias primas y recursos hídricos, extendiendo la vida útil del edificio y seleccionando materiales reutilizables o reciclables.
- **Prefabricación:** Reducción significativa en la generación de residuos gracias a la precisión y control en los entornos de fábrica, lo que a su vez disminuye la demanda de materias primas y el consumo de agua en la construcción.
- **Procesos estandarizados:** Presentes en todas las tecnologías de construcción industrializada, estos procesos acortan los plazos de construcción y minimizan las perturbaciones ambientales en el sitio de obra.

La adopción de la **construcción industrializada circular depende de una combinación de factores de mercado y respaldo gubernamental** a través del diseño e implementación de políticas adecuadas. Estos esfuerzos deben orientarse a crear un ambiente propicio que incluya **incentivos para los distintos actores involucrados y una regulación que facilite la integración de prácticas circulares**. La participación de actores privados y la colaboración intersectorial son fundamentales para impulsar la innovación y aumentar la demanda de soluciones de construcción sostenible en España.

## Referencias

- Aclima (2023). El sector de la construcción es el responsable del 16% del total de consumo de agua en el mundo. <https://aclima.eus/el-sector-de-la-construccion-es-el-responsable-del-16-del-total-de-consumo-de-agua-del-mundo/>

- Amiri, A., Emami, N., Ottelin, J., Sorvari, J., Marteinson, B., Heinonen, J., & Junnila, S. (2021). Embodied emissions of buildings-A forgotten factor in green building certificates. *Energy and Buildings*, 241, 110962.
- Andece (2022). La huella hídrica en el prefabricado de hormigón. <https://www.andece.org/la-huella-hidrica-en-el-prefabricado-de-hormigon/>
- Andersen, J. H., Rasmussen, N. L., & Ryberg, M. W. (2022). Comparative life cycle assessment of cross laminated timber building and concrete building with special focus on biogenic carbon. *Energy and Buildings*, 254, 111604.
- Baker, P., Giustozzi, L., Gloser, J., Hanzl-Weiss, D., Merkus, E., Molemaker, R.J., & Stehrer, R. (2017). The European Construction Value Chain: Performance, Challenges and Role in the GVC. *wiiw Research Reports*.
- Bertman, N., Fuchs, S., Mischke, J., Palter, R., Strube, G., Woetzel, J. (2019). *Modular Construction: From Projects to Products*; McKinsey & Company: Capital Projects & Infrastructure, 1, 1-34.
- Clean Energy Wire (2023). Understanding the European Union's Emissions Trading Systems (EU ETS).
- Draper-Zivetz, S., Galante C., Stein A. (2017). *Building Affordability by Building Affordably: Exploring the Benefits, Barriers, and Breakthroughs Needed to Scale Off-Site Multifamily Construction*. Turner Center for Housing Innovation at the University of California at Berkeley.
- Energy (2023). El sector de la construcción es el responsable del 16% del total de consumo de agua del mundo. <https://www.energynews.es/construccion-responsable-16-del-consumo-de-agua-del-mundo/>
- Ferrer, J., Herrería, B., Remón, A., Isla, M., Morató, J., Villanueva, B., Batalla, J., Villa, M. (2022). *Proyecto Economía Circular España. Acelerando la transición en el sector de la construcción*. <https://www.accenture.com/content/dam/accnture/final/a-com-migration/r3-3/pdf/pdf-173/accnture-proyecto-economia-circular-espana.pdf#zoom=40>
- Gerbens-Leenes, P. W., Hoekstra, A. Y., & Bosman, R. (2018). The blue and grey water footprint of construction materials: Steel, cement and glass. *Water resources and industry*, 19, 1-12.
- Grupo Construcía (2023). *Caso de estudio: Los Tilos Edificio Residencial. Economía Circular en la Construcción*.
- H. Assaad, R., El-adaway, I., Hastak, M., Needy, Kim. (2022). The Impact of Offsite Construction on the Workforce: Required Skillset and Prioritization of Training Needs. *Journal of Construction Engineering and Management*.
- Hammad, A., Akbar, A. (2017). *Modular vs Conventional Construction: A Multi-Criteria Framework Approach*.
- Ihobe (2021). *Guía de la construcción sostenible del País Vasco* <https://www.ihobe.eus/publicaciones/guia-construccion-industrializada-sostenible-pais-vasco-3>
- Loizou, L., Barati, K., Shen, X., Li, B. (2021). Quantifying Advantages of Modular Construction: Waste Generation. *Buildings*.
- Muys, B., Ellison, D., Wunder, S. (sin fecha). *¿Qué papel desempeñan los bosques en el ciclo del agua?* European Forest Institute.
- The Steel Construction Institute (2014). *Sustainability of Light Steel Construction*. <https://steel-sci.com/assets/downloads/LSF/ED020%20Download.pdf>
- Universidad Autónoma de Madrid (2019): *Estimación de la huella hídrica de una promoción residencial, Observatorio UAM - Vía Célere para la Sostenibilidad Ambiental de la edificación residencial*. Disponible en este enlace: <https://observatorio2030.com/sites/default/files/2019->



[11/Informe%20Huella%20Hidrica%20Obser  
vatorio%20UAM%20VC.pdf](#)

- Vega, R., Suárez, I., Hernando, S., Del Águila, A. (2010) Comparative assessment of the sustainability of industrialized construction systems. Department of Building and Architecture Technology. Universidad Politécnica de Madrid.
- Woodea (2023). Construcción industrializada de bajo impacto: Análisis comparativo de la

huella de carbono, el uso de agua y los residuos de 3 sistemas estructurales constructivos. Disponible en este enlace: <https://25918300.fs1.hubspotusercontent-eu1.net/hubfs/25918300/Woodea%20-%20Informe%20Construcci%C3%B3n%20Industrializada%20de%20Bajo%20Impacto%20v3.pdf>