

02-034

PRESENT AND FUTURE OF MODULAR CONSTRUCTION

Díaz Piloñeta, Marina⁽¹⁾; Ortega Fernandez, Francisco⁽¹⁾; Díaz Suárez, Aitana⁽¹⁾; Alvarez Cabal, Valeriano⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidad de Oviedo

The construction industry, backbone of the global economy, moves every year around 10,000 m\$ with increases of 13% per annum. Construction projects today are carried out in a very similar way to those of several decades ago: most of the work is still done on the site, with little automation and process optimization. This implies that construction companies have much lower productivity growth than the whole. In recent years it has been tried to solve this problem by developing new light materials and constructive methodologies, which can make a difference. These advances on several fronts have opened up enormous potential towards improving the productivity in construction especially through the off-site construction.

This work analyzes the current situation, with different ways of facing the modular construction and its main agents, determining the keys in which this market will move in the future in the search for greater efficiency, less waste and improved security.

Keywords: *Modular construction; productivity; civil engineering*

PRESENTE Y FUTURO DE LA CONSTRUCCIÓN MODULAR

La industria de la construcción, espina dorsal de la economía global, mueve cada año alrededor de 10.000M\$ con aumentos del 13% anual. Los proyectos de construcción hoy en día se llevan a cabo de una manera muy similar a los de hace varias décadas: la mayor parte del trabajo se sigue haciendo en el sitio, con poca automatización y optimización de procesos. Esto conlleva que las empresas de construcción tienen crecimientos de productividad muy inferiores a las del conjunto. En los últimos años se ha pretendido resolver este problema mediante el desarrollo de nuevos materiales ligeros y metodologías constructivas, que pueden marcar la diferencia. Estos avances en varios frentes han abierto un enorme potencial hacia la mejora de la productividad en construcción especialmente mediante la construcción off-site.

Este trabajo analiza la situación actual, con diferentes formas de afrontar la construcción modular y sus principales agentes, determinando las claves en que este mercado se moverá en el futuro en la búsqueda de mayor eficiencia, menor desperdicio y seguridad mejorada.

Palabras clave: *Construcción modular; productividad; ingeniería civil*

Correspondencia: Francisco Ortega; fran@api.uniovi.es



©2018 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

La industria de la construcción se ve inmersa, en los últimos años, en un problema de productividad (Mackinsey Global Institute [MGI], 2017). A través de este sector, espina dorsal de la economía mundial, se mueven cada año alrededor de 10,000M\$ en la ejecución de edificios, infraestructuras e instalaciones industriales, esperando llegar a los 14,000M\$ en 2025 (aumentos anuales del 13%). Sin embargo, a nivel mundial, el crecimiento de la productividad en la construcción ha aumentado sólo un 1% en las dos últimas décadas, en comparación con el 2.8% de la economía mundial, lo que tiene repercusiones no solo económicas, sino también sociales.

Se estima que más de 300 millones de personas en todo el mundo viven en condiciones precarias o se encuentran sobrecargadas económicamente por los elevados costes de la vivienda (MGI, 2014). Además, a pesar de los descensos de fertilidad, la población mundial continúa creciendo. Tal es así que se prevé alcanzar los 8,500 millones de personas en 2030, ascendiendo hasta los 9,700 millones en 2050 (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2015). Ante esta inminente realidad, posibilitar la ejecución de viviendas asequibles y de calidad se alza como una necesidad imperativa.

El principal problema de este sector es que se ha mantenido prácticamente hierático a lo largo del tiempo. Hoy en día, la ejecución de los proyectos de construcción se lleva a cabo de forma muy similar a la de hace varias décadas: la mayor parte del trabajo se sigue realizando *in situ*, con poca automatización y optimización de los procesos constructivos (MGI, 2017). Para lograr un aumento en la productividad es necesario romper con el pasado, salirse del plano y pensar en la construcción como un sistema de producción.

Por otra parte, los edificios tienen un gran impacto directo e indirecto en el medio ambiente. Durante su construcción, ocupación, renovación y demolición, utilizan energía, agua y materias primas, generan desechos y emiten emisiones a la atmósfera potencialmente dañinas. Muchos países se han fijado el objetivo de reducir el uso de energía en la construcción. Tal es el caso de la Unión Europea, que mediante el objetivo 20/20/20 obliga a todos los Estados Miembros a lograr edificios energéticamente eficientes para el año 2020.

La palanca para el cambio viene de la mano de la llamada construcción *off-site* (OSC), también conocida como construcción prefabricada, manufacturada o modular -de manera general-, trasladando las actividades de la obra a un entorno controlado (National Audit Office [NAO], 2005). Esto implica la ejecución de los componentes/elementos de un edificio o instalación en fábrica, para que posteriormente sean transportados y ensamblados en obra.

2. Objetivos

Partiendo de la base de la imperante necesidad de un cambio en las metodologías de trabajo empleadas tradicionalmente en el sector de la construcción, el presente trabajo analiza la situación actual de las diferentes formas de afrontar la construcción *off-site*.

Para ello, se realizará una revisión de las diferentes categorías existentes en este tipo de construcción, centrándose de manera particular en los sistemas constructivos modulares y sus características.

Por último, se analizarán las competencias de esta tecnología constructiva en el mercado, diferenciando entre sector residencial y no residencial.

3. La construcción *off-site*

La construcción prefabricada se conoce, de manera genérica, como construcción *off-site* (OSC), construcción manufacturada, sistemas constructivos industrializados o métodos modernos de construcción (Arif y Egbu, 2010). Este tipo de construcción aplica los conceptos de producción e industrialización al sector, lo que implicaría manufacturar los componentes o elementos del edificio en fábrica, siendo posteriormente transportados y ensamblados en el sitio de instalación (NAO 2015).

De esta forma, las actividades constructivas se llevan a cabo en ambientes controlados, donde la organización del trabajo en líneas de producción permite alcanzar mayores estándares de calidad, mayor nivel de producción y una minimización de los residuos generados, a la vez que se reducen los costes. Según el *Off-Site Construction Council*, entre las ventajas que ofrece la construcción *off-site* frente a la construcción tradicional *in situ* se encuentran las enumeradas a continuación (Smith. R. E., 2016):

- Plazos de construcción más cortos.
- Mejor gestión de los costes.
- Menor desperdicio de materiales, y, por lo tanto, menor generación de residuos.
- Reducción de las emisiones de CO₂ gracias a la menor necesidad de transporte a la obra (reducción de movimiento de vehículos de hasta el 90%).
- Reducción de las molestias intrínsecas a la ejecución de una obra.

Según Agarwal, Chandrasekaran y Sridhar (2016) la construcción *off-site* se divide en diferentes categorías que, esencialmente, se agrupan en unidades volumétricas (3D), unidades a base de paneles (2D) y sistemas híbridos (combinación de los anteriores).

Sistemas modulares o volumétricos

Se trata de la forma de producción en fábrica más extendida, basada en la construcción de módulos tridimensionales que pueden ser empleados de forma aislada o en conjuntos, configurando la estructura del edificio. Dichos módulos pueden estar pre-acabados en fábrica para incluir todos los accesorios, requiriendo muy poco trabajo en el sitio de instalación (Venables, Barlow y Gann, 2004).

Una de sus principales ventajas es que a través de este sistema se pueden formar habitaciones completamente listas para ser transportadas e instaladas (The Housing Forum, 2015). De todos los tipos de construcción *off-site* es la que menor grado de trabajo en obra necesita, y suele ser bastante popular en construcciones muy estandarizadas, como pueden ser hoteles, residencias de estudiantes, etc.

Sistemas de paneles

En este caso las construcciones se ejecutan a partir de elementos planos ensamblados en obra. Es habitual diferenciarlos en dos grupos (Venables, Barlow y Gann, 2004). Por un lado, los sistemas de paneles abiertos, que suelen integrarse como un elemento meramente estructural, siendo necesaria la instalación *in situ* de revestimientos, acabados interiores o similares, y, por otro lado, los sistemas de paneles cerrados, que implican un mayor grado de manufacturación, incorporando ya desde su construcción en fábrica los acabados, o incluso puertas y ventanas.

Sistemas híbridos

Combinación de los dos anteriores. Generalmente las zonas con una mayor necesidad de manufacturación, como la cocina y los baños, se realizan a partir de módulos, y el resto de las habitaciones se ejecutan a partir de paneles (Venables, Barlow y Gann, 2004).

Estas categorías varían en función del país y la zona, identificando nuevos sistemas además de los antes mencionados o nombrándolos de diferente forma. Por ejemplo, en Estados Unidos se diferencian hasta cuatro categorías. Por un lado, los sistemas modulares se dividen en dos tipologías en función del código técnico constructivo que se deba satisfacer (Eskow 1984): las llamadas HUD-Code o casas móviles deben cumplir la legislación del lugar en el que se fabrican, mientras que las modulares propiamente dichas deben cumplir las leyes estatales y locales. Por otro lado, desaparece el concepto de sistema híbrido, pero en su lugar se incorpora una nueva tipología: los sistemas “pre-cut”, una especie de kit en el que todos los elementos están diseñados a medida para encajar unos con otros.

4. Sistemas modulares

Como ya se ha introducido, los sistemas modulares son las estructuras prefabricadas más extendidas, que consisten en múltiples secciones denominadas módulos, representando el mayor nivel de prefabricación (Mordor Intelligence, 2017). Tal es su importancia, que es habitual que el concepto de construcción modular haga referencia a todos los tipos de construcción *off-site*.

El mayor desafío al que se tiene que enfrentar la construcción modular es el aumento de las necesidades logísticas de transporte debido a las limitaciones de tamaño y peso y las restricciones de ruta, los requisitos de permisos y la necesidad de equipos de instalación *in situ*.

Contrariamente a la creencia popular, las viviendas modulares no se parecen entre sí. Varían en tamaño y diseño, y su versatilidad hace que sean fácilmente personalizables. Pueden fabricarse con los mismos materiales que las construcciones tradicionales y, debido a su alto valor de sostenibilidad, son consideradas un ejemplo de “construcción verde”.

La industria modular se divide generalmente en dos tipos en función de su temporalidad: construcción modular permanente (PMC) y estructuras modulares reubicables (RB). Estas últimas son construcciones que satisfacen necesidades temporales de espacio como remolques, aulas temporales, salas de exposición, etc. Están diseñados para ser reutilizados, incluso múltiples veces, y transportados a diferentes sitios (Modular Building Institute [MBI], 2015).

En cuanto a los módulos de construcción permanente, se diferencian dos tipos, de Tipo V –estructuras de madera, combustible– o de Tipo II –acero u hormigón, incombustibles–. Aunque este tipo de construcción ha estado floreciendo durante una década o más en Europa, es un mercado emergente en Norte América (Smith, 2016). Mientras que hace cuatro o cinco años la construcción modular permanente solo constituía el 25% de la cuota de mercado en la industria modular, en 2016 representaba ya más del 50%.

La construcción modular, dadas sus características, resulta más ventajosa en ciertos sectores como viviendas, residencias de estudiantes, edificios educativos, hospitales, centros de datos, geriátricos y hoteles. Tal es el auge en este último sector, que en mayo de 2017 el gigante hotelero Marriott International anunció sus planes para construir modularmente el 13% de su desarrollo en ese mismo año (Bunch, 2017).

Además, su versatilidad hace posible su empleo otros sectores: resuelve las diferentes etapas de alojamiento requeridas en caso de emergencia. La posibilidad de enviar casas económicas (o escuelas o instalaciones médicas) por piezas y de fácil construcción a una población necesitada puede resolver, temporalmente, problemas de refugiados, desplazados o poblaciones que han sufrido algún tipo de violencia o desastre natural.

Las viviendas modulares proporcionan protección y reducen sustancialmente la ansiedad e incertidumbre generada por el desastre, otorgando alojamiento temporal de calidad durante

la emergencia (Rabinovich, 2016):

- Facilitan, siempre que sea posible, su integración con la vivienda definitiva, incorporando el módulo a la estructura de la vivienda recuperada o ensamblándose a otros espacios volumétricos modulares.
- En el caso de que el retorno a la vivienda original no sea factible, la vivienda modular puede ser instalada en los puntos en los que las autoridades lo consideren oportuno.
- Contemplan la evolución futura de las familias, previendo las necesidades de expansión y adaptación en el futuro.

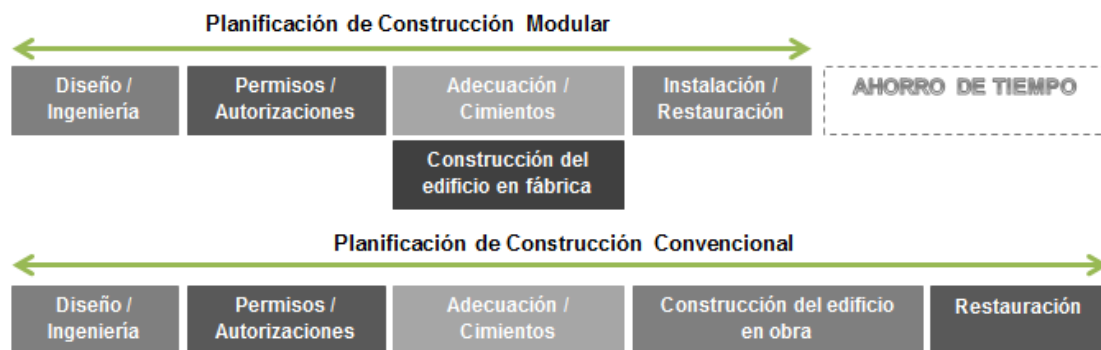
En este sentido, destaca la propuesta desarrollada por el gigante sueco Ikea en colaboración con ACNUR (Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados), el proyecto *Better Shelter* (Better Shelter, n.d., sección Products). Se trata de construcciones modulares que se presentan en paquetes planos de 80 kilos cada uno, que requieren de escasa mano de obra, poco tiempo y ninguna herramienta para su montaje. Según indica *Detailers Simon* (2017), cada uno de los refugios cuenta con un panel solar que alimenta una luz LED y con un puerto USB para cargar dispositivos electrónicos.

Las principales ventajas que presentan estos sistemas se pueden resumir en cinco: rapidez (*faster*), sostenibilidad (*greener*), eficiencia (*smarter*), seguridad (*safer*) y rentabilidad (*cheaper*).

Optimización de tiempos: *Faster*

Las casas modulares son mucho más rápidas de ejecutar que las construcciones tradicionales. Desde el momento en el que se planifica la vivienda, la finalización ocurre, de media, un 50% más rápido que en el caso de la construcción convencional (Figura 1) (MBI, 2013). También es menos probable que se produzcan retrasos en la construcción por inclemencias meteorológicas y quejas de los vecinos.

Figura 1. Comparación en el tiempo: construcción in situ y construcción modular.



Fuente: Modular Building Institute, 2013.

Sostenibilidad: *Greener*

El proceso de fabricación abarca el diseño y la producción de los elementos estructurales del edificio, así como todos los acabados, por lo que teniendo en cuenta que los módulos enviados a obra están casi terminados, el trabajo requerido *in situ* es bastante limitado, y por lo tanto genera una cantidad reducida de residuos (MBI, 2013).

Además, el hecho de fabricarse en un ambiente controlado posibilita unas condiciones óptimas de operación, lo que a su vez reduce el desperdicio de material asociado a errores o accidentes que puedan darse más fácilmente en una construcción tradicional. Además, los residuos generados pueden ser separados en la fuente y reciclado de manera más eficiente.

Según un estudio realizado por Waste and Resources Action Program (WRAP, n.d.) la construcción modular puede reducir hasta en un 90% la cantidad de residuos generados en una obra tradicional. Incluso se puede afirmar que tiene repercusiones en la huella de carbono del edificio al reducir la necesidad de desplazamientos en un 90%.

Eficiente en el uso de recursos: *Smarter*

La construcción en fábrica posibilita llevar a cabo una aplicación más rigurosa de los controles de calidad, tanto en los componentes por separado como en la estructura final, asegurando que se cumplen las especificaciones de todos los componentes y se ejecuta un correcto ensamblaje (MBI, 2013). Por tanto, los sistemas modulares implican una mayor calidad, lo que se traduce en un aumento de la calidad final de la construcción.

Minimización de los riesgos: *Safer*

La construcción modular o volumétrica, es la que implica un mayor grado de prefabricación (MBI, 2013). El poder trabajar en un ambiente controlado posibilita la realización de las labores constructivas bajo unas mejores condiciones de seguridad que en una obra ejecutada de manera convencional.

Rentabilidad: *Cheaper*

Todas las características anteriores conducen a una común, la reducción de costes. Los edificios modulares son significativamente más baratos que los construidos de forma convencional (Clearview Modular Buildings, n.d., sección Build Cost). Con las estructuras modulares de nueva construcción se puede llegar a ahorrar hasta un 35%, y gracias a su posibilidad de reutilización, la compra de un edificio modular “de segunda mano”, puede suponer un ahorro de hasta un 50% en comparación con la construcción tradicional de los edificios.

Sin embargo, la construcción modular no está exenta de ciertas desventajas. Hook (2016) identifica, a grandes rasgos, las siguientes:

- Restricciones sobre el terreno. Algunas zonas, urbanizaciones en particular, especifican la apariencia que han de tener las viviendas, lo que podría incrementar el coste y reducir el valor sostenible de la vivienda modular.
- Construcciones de lujo. En este caso, la construcción modular podría no llegar a adecuarse a los materiales o estilos elegidos.
- Áreas construidas. A pesar de que las casas modulares eliminan muchas de las molestias en el proceso de construcción, las áreas urbanizadas pueden ser difíciles de negociar a la hora de ensamblar las secciones.

5. Estudio de mercado

Los gobiernos de todo el mundo han promovido la construcción *off-site* durante muchos años, y algunos de ellos consideran la construcción manufacturada como una visión clave para mejorar la industria durante la próxima década. Por ejemplo, Japón es el líder mundial de la construcción *off-site*, con compañías como *Sekisui Homes* produciendo 70,000 casas manufacturadas al año. Al final del año 2015 el 15% de las casas construidas en Japón fueron prefabricadas (The Building Center of Japan, 2017).

MarketsandMarkets proyecta que el tamaño del mercado de la construcción prefabricada crecerá de 124,770M\$ en 2015 a 177,090M\$ en 2021, con una tasa de crecimiento anual compuesto (CAGR) estimada del 6.10% (MarketsandMarkets, 2016). Se espera que el mercado de la construcción prefabricada experimente un alto crecimiento como resultado

del aumento de la urbanización, las inversiones a gran escala en los sectores de infraestructura e industrial y el crecimiento de las actividades de construcción en las economías emergentes.

Para poder llevar a cabo una revisión global de las competencias en el mercado, el sector de la construcción se ha dividido en dos líneas en función del destino constructivo y se han analizado los diferentes factores clave en cada una de ellas:

- Residencial: revisión de los principales competidores y tendencias del mercado de la vivienda.
- No residencial: mayores competidores en la construcción de edificios no residenciales como oficinas, hospitales, almacenes, etc.

5.1 Mercado residencial

En la actualidad, la vivienda está pasando por una serie de desafíos particulares ante los cuales la construcción *off-site* se presenta como una excelente alternativa. Chiheb (2017) identifica los siguientes retos en el sector de la vivienda:

- Existe una importante escasez de viviendas en algunas partes del mundo. Solamente en Londres, se estima que se necesitan 50,000 viviendas nuevas al año para hacer frente el ritmo de demanda.
- El envejecimiento de la población implica la necesidad de diferentes tipos de hogares lo suficientemente flexibles para acomodarse a los cambios del futuro.
- El aumento en el número de viviendas para estudiantes y el modelo de construcción para alquilar ha visto la creciente aparición de clientes “contratistas- desarrolladores”, que requieren mayor durabilidad y bajos costes de mantenimiento.
- La falta de trabajadores cualificados está incrementando los costes de los métodos tradicionales de construcción.

Esto implica un aumento de la necesidad de construir viviendas de manera rápida y asequible, entrando a competir en el sector las viviendas prefabricadas. Este tipo de construcción está despertando un renovado interés en la arquitectura moderna debido al enfoque mundial de la sostenibilidad. Según Global Industry Analysts (GIA, 2015), se estima que los envíos mundiales de este tipo de viviendas alcanzarán 1,1 millones de unidades en 2020.

En la actualidad, las casas prefabricadas son una de las formas más buscadas de vivienda asequible, con ahorros de costos realizados a través de un proceso de producción racionalizado en lugar de subsidios gubernamentales (GIA, 2015).

Uno de los principales problemas que presenta esta construcción es la dependencia de los cánones de transporte, en especial en cuanto a las cosas modulares se refiere, lo que hace que la personalización se convierta en un auténtico reto. Sin embargo, la mayoría de las casas *off-site* ofrecen ya un equilibrio entre economía y variedad de diseño.

En cuanto al mercado global, como ya se ha mencionado, Japón se presenta como líder mundial. Asia y el Pacífico, con China en cabeza, son las regiones de más rápido crecimiento con una proyección del 9.3% (Global Industry Analysts [GIA], 2015).

En la Tabla 1 se resumen las compañías líderes en el mercado residencial de las viviendas prefabricadas.

Tabla 1. Principales agentes en el mercado residencial

Compañía	País de origen	Países de exportación	Beneficio (año)	Materiales	Productos
Clayton Homes Inc.	EE.UU.	EE.UU.	4,230M\$ (2016)	Madera Acero	Casas modulares Mini-casas Residencias universitarias Barracones militares
Sekisui House	Japón	Japón EE.UU. Australia China Singapur	1,679M\$ (2016)	Acero	Viviendas residenciales Edificios comerciales Casas modulares y panelizadas
Champion Homes Builders Inc.	EE.UU.	EE.UU. Canadá Reino Unido	1,033M\$ (2008)	Madera Acero	Casas modulares y panelizadas Casas móviles Caravanas Edificios comerciales
Cavco Industries Inc.	EE.UU.	EE.UU. México Canadá Japón	774M\$ (2016)	Madera	Casas modulares y panelizadas Edificios comerciales Caravanas Bungalows
HUF Haus GmbH&Co. KG	Alemania	Internacional	98.6M\$ (2013)	Madera Vidrio	Casas modulares y panelizadas Edificios de apartamentos Bungalows Edificios comerciales
Foshan Hongtai Zhuxin	China	África Oriente Medio Sudeste de Asia	50-100M\$	Acero Contenedores	Casas prefabricadas Casas-contenedor Estructuras de acero (almacenes, talleres...) Búnkeres

5.2 Mercado no residencial

El mercado global de la construcción prefabricada no residencial alcanzará los 88,800M\$ en el año 2020 (GIA, 2015), impulsado por el creciente enfoque en la eficiencia y productividad de la construcción y el consiguiente interés en los beneficios ofrecidos por el “Factory-Built Building”.

Dentro del mercado no residencial, alrededor del 50-90% de la construcción de estructuras se completa en una instalación externa, con un ambiente controlado, para posteriormente transportarlo hacia el lugar final de construcción, donde se ensambla. La Tabla 2 recoge los líderes en este sector.

Tabla 2. Principales agentes en el mercado no residencial

Compañía	País de origen	Países de exportación	Beneficio (año)	Materiales
NCI Building Systems Inc.	EE.UU.	EE.UU. Canadá México	\$1,684M (2016)	Acero
Consolis Services Co. SA NV	Bélgica	Europa África Sudamérica	\$1,400M (2016)	Acero Hormigón
Algeco Scotsman	EE.UU.	EE.UU. Australia Reino Unido Nueva Zelanda Rusia Italia China España Francia	\$1,049M (2017)	Madera Acero Hormigón
Butler Manufacturing Company	EE.UU.	EE.UU. México Canadá	\$796M (2003)	Acero

Asia-Pacífico representa el mercado más grande del mundo en este sector. Después de una proyección, en el periodo de análisis 2015-2020, de la tasa media anual de crecimiento del 9.3%, la región se clasifica como el mercado de más rápido crecimiento, liderado por los aumentos estables en el PIB de las economías asiáticas, el aumento de las inversiones públicas y privadas en proyectos de construcción industrial, comercial e institucional, el aumento de las inversiones en técnicas de construcción ecológica y el creciente interés en nuevas tecnologías de construcción que prometen una mayor productividad y competitividad de los proyectos de construcción (GIA, 2016).

6. Conclusiones

Aunque la construcción *off-site*, también denominada construcción prefabricada o modular (por ser esta última la principal técnica de construcción de este tipo), ha aparecido en el siglo pasado, la recesión en la industria tradicional de la construcción, la necesidad de los promotores de encontrar una mayor eficiencia, la creciente demanda de viviendas, la escasez de personal cualificado y las consideraciones medioambientales han fomentado el interés en este tipo de técnica

Tras la revisión realizada, puede concluirse que las empresas líderes del sector a nivel mundial, tanto en el mercado residencial como no residencial, se encuentran principalmente en Norteamérica, Japón y, en menor medida, Europa, aunque desarrollan diferentes tipos de negocio.

La gran mayoría de las empresas tratan de incorporarse al sector y despuntar siguiendo alguno de los principios impulsores del mercado global:

- Ahorro de energía y rentabilidad.
- Limitaciones de espacio en las grandes ciudades.
- Tendencia global a la construcción verde.

- Recuperación de la actividad constructora global.

En el mercado residencial, en general, las empresas estadounidenses confeccionan viviendas familiares centrándose en las clases medias-altas, aunque a veces tienen líneas de apartamentos “low-cost”. En Japón y Europa, la construcción de viviendas *off-site* es la manera perfecta de lograr viviendas asequibles y cómodas al mismo tiempo.

La tipología es variada, normalmente las empresas no se centran en un tipo de construcción en particular. Por lo general, diseñan tanto a partir de sistemas modulares como paneles para ampliar su mercado y sus posibilidades, aunque hay que destacar como las construcciones modulares aumentan cada vez más su popularidad al ofrecerse como una forma de mejorar la eficiencia, rentabilidad y flexibilidad de las construcciones.

Las construcciones a nivel industrial, almacenes, casetas de obra y edificios públicos, son las más populares en el mercado no residencial, aunque tampoco es habitual que las empresas líderes se limiten a un solo tipo de producto. En este caso, sí que predomina una tipología constructiva, ya que es habitual encontrar soluciones a partir de sistemas modulares.

En lo que a materiales se refiere, hay una clara diferenciación según el mercado. En las construcciones residenciales el material predominante es la madera, aunque también depende en gran medida de los recursos del país. En el mercado no residencial los más empleados suelen ser el acero y el hormigón, más adaptados al entorno industrial.

Minimizando la ejecución *in situ* e implantando un uso extensivo de la tecnología de prefabricación se subsanarían la mayoría de los fallos del mercado que frenan la productividad. Con una construcción *off-site* se proporcionan estructuras de calidad garantizando el cumplimiento de los códigos y normativas de construcción, se reduce el desperdicio de materiales y por lo tanto los residuos generados, y además se agiliza la instalación, montaje y puesta en obra, lo que se traduce en menor tiempo de ejecución con menor coste. En definitiva: mayor eficiencia, menos residuos y mayor seguridad.

No es de extrañar, por tanto, la proyección de que el mercado de la construcción prefabricada experimente un alto crecimiento como resultado del aumento de la urbanización, las inversiones a gran escala en los sectores de infraestructura e industrial y el crecimiento de las actividades de construcción en las economías emergentes.

7. Bibliografía

- Agarwal, R., Chandrasekaran, S., & Sridhar, M. (2016). *Imagining construction's digital future*. Obtenido el 27 de febrero de 2018, de McKinsey&Company, Capital Projects & Infrastructure: <https://www.mckinsey.com>
- Arif, M., & Egbu, C. (2010). Making a case for offsite construction in China. *Engineering Construction and Architectural Management*, 17, 536-548.
- Better Shelter. (n.d.). Obtenido el 15 de febrero de 2018, desde <http://www.bettershelter.org/>
- The Building Center of Japan (2017). *A quick look at housing in Japan*.
- Bunch, J. (2017). The rise of the prefabricated building. *Forbes*. Obtenido de <https://www.forbes.com>
- Chiheb, Z. (2017). Essay: Offsite construction is the future – ignore it at your peril. *The Architects' Journal*. Obtenido de <https://www.architectsjournal.co.uk>
- Clearview, Modular Buildings (n.d.). *Why Build Modular?* Obtenido el 6 de febrero de 2018, desde www.clearviewmodularbuildings.co.uk

- Detailers Simon Arquitectura modular: ¿el futuro de la construcción? (2017, Diciembre 17). Obtenido el 15 de febrero de 2018, desde <http://www.detailerssimon.com/arquitectura-modular-el-futuro-de-la-construccion/>
- Eskow, D. (1984, Septiembre). New homes under the sun, *Popular Mechanics*, vol. 161, 81–111.
- Global Industry Analysts (2015). *Prefabricated Housing – Global Strategic Business Report* (número de publicación MCP-1066).
- Global Industry Analysts (2016). *Nonresidential prefabricated building systems – Global Strategic Business Report* (número de publicación MCP-1064).
- Hook, Z. (2016). Modular homes vs. traditional construction. *Buildsoft*. Obtenido de <https://www.buildsoft.com.au>
- The Housing Forum (2015). *More Homes Through Manufacture*. Hartgraph Ltd.
- Mackinsey Global Institute (2014). *A blueprint for addressing the global affordable housing challenge*.
- Mackinsey Global Institute (2017). *Reinventing construction: A route to higher productivity*.
- MarketsandMarkets (2016). *Precast Construction Market by Product, Type, End-use Sector and Region – Global Forecast to 2021*.
- Modular Building Institute (2013). *Permanent modular construction. 2013 Annual report*.
- Modular Building Institute (2015). *Permanent modular construction. 2015 Annual report*.
- Mordor Intelligence (2017). *Global Modular Construction Market – Size, Share and Forecast (2017-2022)* (número de publicación ID 4402889).
- National Audit Office (2005). *Using modern methods of construction to build homes more quickly and efficiently* (número de publicación SW1W 9SP).
- National Audit Office (2015). *Using modern methods of construction to build home more quickly and efficiently*.
- Organización de las Naciones Unidas (2015). *World Population Prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables* (número de publicación ESA/P/WP.241).
- Rabinovich, S. (2016, Octubre 13). Construcción modular: innovación para emergencias y desastres naturales. *Strategy & Business Development*. Mensaje publicado en <https://www.linkedin.com>
- Smith, R. E. (2016). Off-site and modular construction explained. *Off-Site construction Council, National Institute of Building Sciences*. Obtenido de <https://www.wbdg.org/resources/site-and-modular-construction-explained>
- Venables, T., Barlow, J. & Gann, D. (2004). Manufacturing excellence. UK capacity in offsite manufacturing. *Housing Forum Modern Methods of Construction Group*.
- Waste and Resources Action Program (n.d.). *Waste Reduction Potential of Offsite Volumetric Construction* (número de publicación WAS 003-003).