



## LIBRO BLANCO “LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN”



- Taller de trabajo es una metodología de trabajo en la que se integran la teoría y la práctica.
- Se caracteriza por la investigación, el aprendizaje por descubrimiento y el trabajo en equipo que, en su aspecto externo, se distingue por el acopio (en forma sistematizada) de material especializado acorde con el tema tratado teniendo como fin la elaboración de un producto tangible.
- Un taller es también una sesión de entrenamiento. Se enfatiza en la solución de problemas, capacitación, y requiere la participación de los asistentes.

2 de diciembre de 2020

### **EDIFICACIÓN INDUSTRIALIZADA/CONSTRUCCIÓN FUERA DE OBRA**

- **Industrialización de la construcción / edificación. Prefabricación.**

**Avintia**, grupo industrial líder del sector constructor-inmobiliario, ha presentado el **Libro Blanco “La Industrialización de la Construcción”**, con el objetivo de poner a disposición de todo el sector una guía para entender el proceso de la Industria 4.0 en el ámbito constructor-inmobiliario.

Compuesto por un total de 20 artículos, repartidos en cuatro capítulos relacionados con la construcción industrializada, y con el objetivo de servir de referencia para un sector en imparable avance, el ‘**Libro Blanco**’ ve la luz gracias a las aportaciones de 22 profesionales que ejercen en organismos de primer nivel, así como en compañías líderes en sus respectivos mercados.

Es evidente que la industria de la construcción se encuentra en una encrucijada, obligada a reinventarse ante la brecha de productividad de la construcción. Esta situación de ineficiencia provoca que la construcción tradicional sea susceptible de una transformación profunda, impulsando el nacimiento de nuevos modelos de negocio. Ello ha sido visto como oportunidad por diversos actores en el panorama internacional, lo que ha inducido al significativo crecimiento de la inversión en tecnologías de la construcción (ConTech) durante los últimos años, alcanzando los 1.600 millones de euros en 2018. El potencial de la construcción industrializada para mejorar radicalmente la productividad de la industria ha sido

>Para aprender, practicar.

>Para enseñar, dar soluciones.

>Para progresar, luchar.

Formación inmobiliaria práctica > Sólo cuentan los resultados



advertido por el mercado, provocando un creciente interés e inversión de los actores de la industria y fondos de inversión. La construcción off-site ha concentrado más del 60% de la inversión total en ConTech en el mundo en 2018 y cuentan entre sus inversores con grandes corporaciones como Amazon, Google o Goldman Sachs. En paralelo, consultoras como McKinsey, BCG o Roland Berger realizan reportes exhaustivos para analizar la tendencia al alza de esta tecnología disruptiva. Laing O'Rourke, Legal & General, Berkeley Group, Skender, Bouygues y Marriott son sólo algunos ejemplos de grandes corporaciones del ecosistema que han doblado su apuesta por este nuevo método constructivo.

La construcción off-site, además, no resulta un fenómeno desconocido en el sector de la construcción. Sin embargo, tendencias como la falta de mano de obra cualificada, la aplicación de metodologías Lean y BIM o la influencia de la economía circular han hecho que muchos profesionales del ecosistema valoren en la actualidad la adopción de sistemas constructivos alternativos. Ello – unido a los recientes avances relacionados con la calidad, la eficiencia y la sostenibilidad de los procesos – hace de esta una tecnología que se encuentra cercana a su punto dulce (sweet spot), favoreciendo modelos de negocio innovadores que están transformando de manera integral el sector.

## ¿OPTIMIZACIÓN O TRANSFORMACIÓN?

Mientras que la mayoría de innovaciones en el sector han supuesto hasta la fecha una optimización progresiva de procesos internos, la construcción industrializada supone un cambio de paradigma por la adopción simultánea de metodologías innovadoras que transforman por completo la concepción de la edificación tradicional. Variables como la definición de módulo, la elección del material, el tiempo de fabricación, la cadena de montaje o el sistema de transporte adquieren una relevancia capital en el nuevo panorama de off-site Construction, aportando valor añadido a todas las etapas de la cadena de valor.

### Entre ellas destacan principalmente:

- **El potencial para reducir plazos de fabricación, puesta en obra y entrega hasta un 50%, con una consiguiente reducción de costes a medio plazo.**
- **La menor desviación en cuanto a previsiones financieras y temporales se refiere, y la mayor eficiencia de los procesos que las determinan asegurando la calidad de los productos en un entorno controlado.**
- **Un mayor grado de sostenibilidad, entendido desde la adopción de metodologías Lean, la reducción de residuos sólidos y recursos energéticos, el ciclo de vida de los materiales empleados y la huella total de carbono.**
- **Seguridad y salud mejoradas, que contribuyen a atraer mano de obra especializada y paliar la falta de profesionales que adolece en la actualidad el sector de la construcción.**

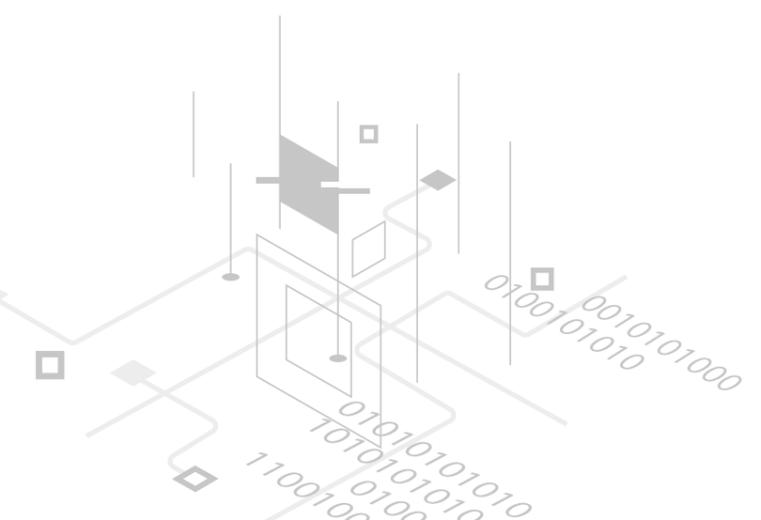
NOV.2020

AVINTIA INDUSTRIAL

# Libro Blanco sobre la Industrialización de la Construcción\_

**Avintia**  
Grupo





**Avintia**  
Grupo

NOV.2020. AVINTIA INDUSTRIAL

**Libro Blanco sobre la  
Industrialización de  
la Construcción\_**

# Índice

**7** EDITORIAL  
**9** PRÓLOGO

**11** CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA:  
ROMPIENDO UN PARADIGMA

13 Caballos más rápidos  
*José Ignacio Esteban*

19 ¿Optimización o transformación?  
*Mateo Zimmermann y Alfredo Carrato*

25 La Construcción Industrializada: Por fin vino para quedarse  
*Fernando Catalán de Ocón Cadenas*

31 Modelo Industrializado vs Modelo Tradicional  
*Francisco Nisa González*

37 Industrialización  
*Estefanía Alcarazo*

43 Del “Diseñar para Construir” al “Diseño para la Fabricación y Montaje”  
*Lucas Galán*

49 Nuevos sistemas de construcción para la creación de espacios habitables en todo el mundo  
*Björn Brandt*

**55** TRANSFORMACIÓN DIGITAL

57 La digitalización de los procesos en Industrialización de la construcción: una revolución que ya no espera  
*Juan J. González González*

63 El uso de la metodología BIM en la construcción industrializada  
*Lorena Alonso Fernández*

69 Blockchain en el sector inmobiliario  
*Carmen Chicharro*

**75** NUEVO MODELO, NUEVAS PERSPECTIVAS

77 Del porqué del auge del BTR y cómo puede impulsarlo la construcción industrializada  
*Roberto Campos*

83 El principal reto para enfrentarse a los cambios será en la gestión de las personas  
*Javier Bermejo Amarillo*

89 La industrialización de la construcción es una apuesta firme para alcanzar la eficiencia energética  
*José Luis Cabezas*

95 Industrializar la construcción, una alternativa hacia la sostenibilidad  
*Felipe Pich-Aguilera Baurier y Teresa Batlle Pagés*

101 El talento en la Construcción Industrializada: nuevos retos y ventajas  
*Nerea García*

107 Análisis del sistema industrializado en PRL: evolución técnica y menor riesgo  
*Jorge González*

**113** ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

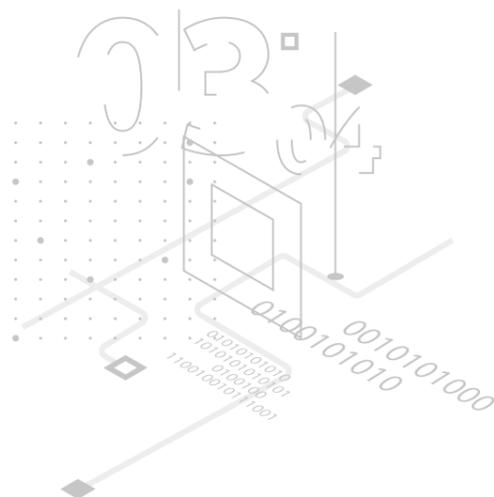
115 La industrialización como oportunidad para desarrollar sistemas de fachada tecnológicamente avanzados  
*Peru Elguezabal Esnarrizaga*

121 Construcción Industrializada y hormigón arquitectónico, una unión eficiente y sostenible  
*Gabriel Bertolacci*

127 Instalación de fachadas mediante sistemas robóticos  
*Julen Astudillo Larraz*

133 MONOBATH, el baño industrializado con la calidad y garantía PORCELANOSA  
*Jose Fenollosa*

**139** EPÍLOGO  
**140** COLABORADORES



# — Editorial

**Francisco Javier Martín Ramiro**  
 Director General de Vivienda y  
 Suelo del Ministerio de Transportes,  
 Movilidad y Agenda Urbana  
 (Gobierno de España).

La todavía inacabada crisis del COVID-19 ha puesto en evidencia la vulnerabilidad de un derecho que, a pesar de tener el amparo constitucional, no ha conseguido hacerse efectivo con la suficiente solidez ni estabilidad: el acceso a una vivienda digna y adecuada. En tanto no consigamos garantizar este derecho, la sociedad del bienestar de la que presumimos no podrá considerarse plenamente implementada, ya que a nadie escapa que la vivienda es un factor sobre el que pivotan muchos otros derechos esenciales en nuestro desarrollo como individuos y como sociedad; la salud, la familia, o incluso el empleo, se han evidenciado dependientes de una vivienda adecuada a las exigencias de una sociedad que se considera o pretende ser avanzada.

A diferencia de la crisis de la década anterior, ésta ha encontrado a un sector de la construcción renovado y con altura de miras, que avanza hacia su transformación en torno a la digitalización y la industrialización. Lejos de posponer esta transformación, debemos aprovechar la potencia del sector para ser nuevamente

tractor de la economía y a la vez impulsar definitivamente ese proceso. Asumir este reto implica apostar por la calidad, por la innovación, la sostenibilidad y, por supuesto, por la profesionalización. Todos estos conceptos son esenciales para, en el camino, dar respuesta a esa vivienda digna y adecuada que la ciudadanía exige.

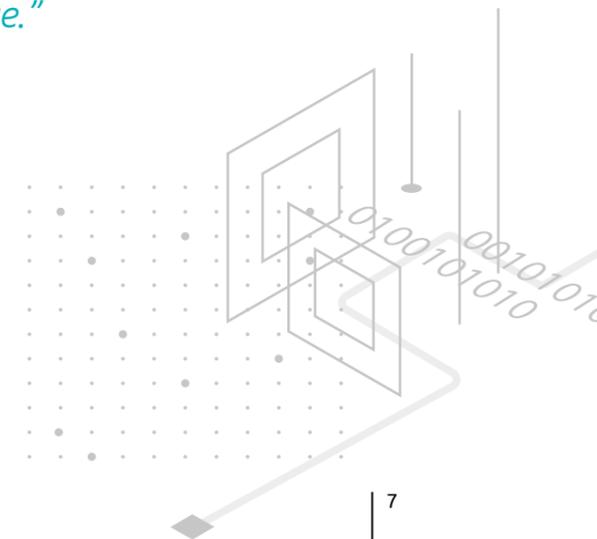
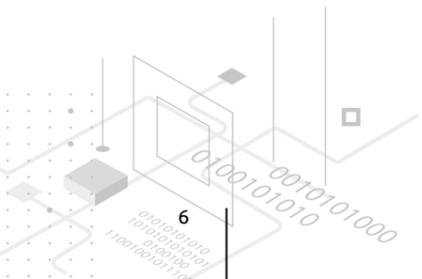
El mercado de la vivienda está experimentando una transformación motivada por cambios socioeconómicos y culturales. El sector encontrará en la industrialización la respuesta a estos conceptos y a una demanda de viviendas que cuantitativa y cualitativamente debe ser capaz de responder a las necesidades de las nuevas generaciones.

La industrialización permite mejorar los procesos de manera evidente y tangible en todos los aspectos de la construcción permitiendo, además, ofertar al mercado un producto de excelente calidad. Contribuye a un desarrollo sostenible, al poner a disposición de promotores y usuarios hogares con un

menor impacto en el entorno, una reducción en la generación de residuos y en el consumo de materias primas. Con todo ello, la huella medioambiental puede disminuir en torno a un 40%.

Hemos visto cómo, históricamente, todas las grandes crisis globales han tenido como respuesta una arquitectura innovadora que ha liderado las transformaciones siguientes; y esa respuesta de la arquitectura siempre ha ido de la mano de nuevos procesos tecnológicos e industriales. Como queda constatado en este Libro Blanco “La Industrialización de la Construcción”, la industrialización se revela como parte esencial de la reinención que la arquitectura precisa, y podrá convertirse en elemento clave en la innovación y revolución del sector de la construcción.

“... apostar por la calidad, por la innovación, la sostenibilidad y, por supuesto, por la profesionalización. Todos estos conceptos son esenciales para, en el camino, dar respuesta a esa vivienda digna y adecuada que la ciudadanía exige.”



*“Solos podemos hacer poco, juntos podemos hacer mucho.”*

*Hellen Keller*

## Prólogo

# Colaborando para innovar

**José Ignacio Esteban**

*Director General de Avintia Industrial  
en Grupo Avintia*

Me produce una gran satisfacción presentarles el primer Libro Blanco sobre la industrialización de la construcción, iniciativa que lanzamos desde Grupo Avintia con el fin de generar un debate de calidad a lo largo de las tres ediciones que hemos publicado y culminan en esta publicación.

Y mi agradecimiento a todos los profesionales que han hecho posible este proyecto, iniciado hace un año, con sus análisis y reflexiones sobre un fenómeno que está tomando cada día más relevancia por su impacto e influencia dentro de la transformación del sector constructor e inmobiliario.

Frente a la agitación y el desafío sin precedentes a la luz del COVID-19, hemos visto que la colaboración entre todas las partes debe situarse en el centro de la innovación a largo plazo en la industria de la construcción.

Todos tienen un papel que desempeñar: la administración es vital, fomentando entornos donde la innovación positiva puede

tener lugar mientras se apoya la recuperación; las instituciones académicas que, al trabajar con la industria, pueden identificar y responder a la necesidad de nuevas especializaciones; los profesionales, ya sean arquitectos, ingenieros o contratistas, deberán modificar sus modelos operativos e incorporar nuevas formas de trabajar juntas en un mundo impulsado por la tecnología, etc.

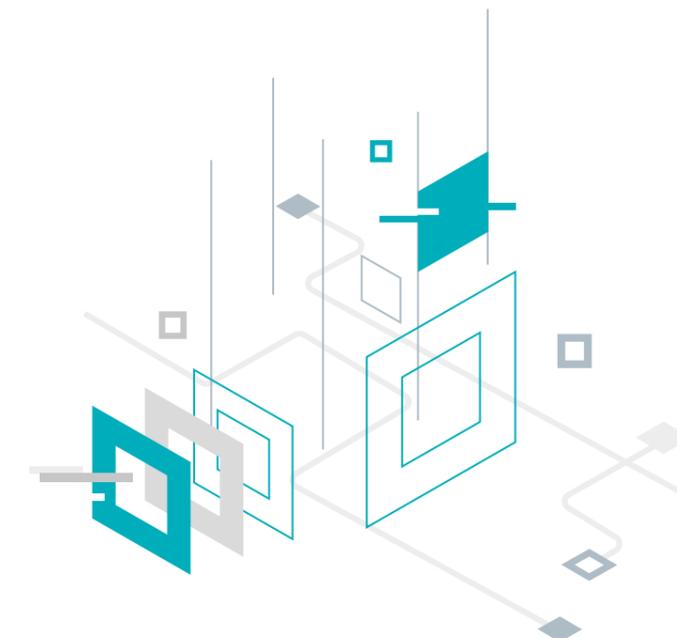
Un sector que se aferra a los métodos actuales de operación y se resiste al cambio necesita superar su renuencia a evolucionar y aprovechar la innovación que se está aplicando en otras áreas para impulsar la eficiencia, generar sostenibilidad, mejorar la seguridad y reducir los costosos residuos. Los beneficios son claros a través de su implementación.

Les invito a descubrirlos.



LIBRO BLANCO SOBRE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

# Construcción Industrializada: Rompiendo un Paradigma\_





ESCRIBE:

**José Ignacio Esteban**

Director General de Avintia Industrial en Grupo Avintia

Ingeniero de Caminos por la Universidad Alfonso X El Sabio, Ingeniero Técnico de Obras Públicas por la Universidad Politécnica de Madrid, Máster en Dirección Inmobiliaria por la Universidad San Pablo CEU y Máster en Dirección de Empresas por la UNED. Tiene experiencia ocupando cargos de alta dirección en empresas del sector constructor e infraestructuras.

CONSTRUCCIÓN 4.0

## — Caballos más rápidos

*“Si le hubiera preguntado a la gente qué querían, habrían dicho caballos más rápidos”.*

*Henry Ford*

**H**asta el momento, el sector de la construcción ha estado basado en su gran mayoría en elementos y sistemas tradicionales, podríamos poner como ejemplos por su importancia, el del azulejo, elemento que ya aparece en épocas muy tempranas, y que evoluciona desde las baldosas vidriadas egipcias; los enladrillados mesopotámicos; los techados de arcilla cocida (terracota) griegos, etruscos y romanos; los mosaicos romanos y bizanti-

nos; los azulejos islámicos; los azulejos hispano-moriscos; y la mayólica italiana y española, las pruebas datan su uso como elemento funcional o decorativo en la arquitectura, en el año 3.000 a.C. en lugares como Mesopotamia; el del ladrillo cerámico, descubierto en yacimientos arqueológicos de la antigua Mesopotamia, estimándose que son anteriores al 7500 a.C. El ladrillo se fue extendiendo, en ciudades que florecieron en el medievo y el renaci-

miento, se conservan construcciones de ladrillo de esas épocas en España, Italia, Holanda, Bélgica, Francia y Alemania. En el caso de las culturas centroamericanas, con la llegada de los conquistadores españoles se incorporó el uso del ladrillo cocido a las nuevas construcciones; podríamos ilustrar con otros elementos la continuidad de estos en el sector de la construcción a día de hoy.

Empresas como PORCELANOSA o MALPESA, utilizan en la actualidad los más modernos sistemas y técnicas de producción de sus productos cerámicos, fábricas robotizadas, dotadas de autómatas con los más altos estándares de fabricación.



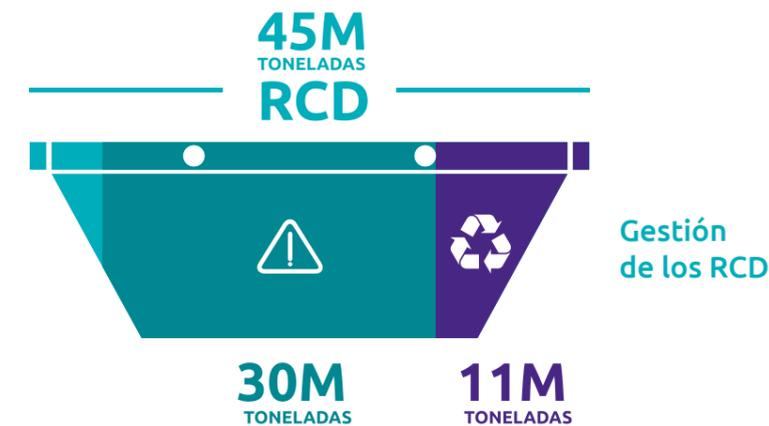
Y comentado esto último, reseñar que 9.000 años después del primer vestigio del uso del ladrillo, algo no ha cambiado, el suministro de estos materiales es a granel y coexiste la más moderna técnica de fabricación con los métodos manuales de montaje de hace siglos.

El sector de la construcción atraviesa un momento clave, debe acometer la ejecución de un gran volumen de obra cumpliendo las exigentes normativas europeas de sostenibilidad y de eficiencia "Directiva de Eficiencia Energética de Edificios (2010/31/EC) para la implantación en 2020 de los llamados edificios de consumo de energía casi nulo NZEB (Near Zero Energy Building)" con una mano de obra escasa y poco cualificada que dificulta el cumplimiento del objetivo; este sector representa el 40% del consumo total de energía, produce un 35% de las emisiones de efecto invernadero, un tercio del consumo de agua y un tercio de los residuos generados. Conceptos como el Just in Time, política de mantenimiento de inventarios al mínimo nivel, donde los sumi-

*"...9.000 años después del primer vestigio del uso del ladrillo, algo no ha cambiado..."*

nistradores entregan el material justo en el momento que se necesita para completar el proceso productivo, no existen en el sector de la construcción. Producir justo lo que se necesita, cuando se necesita, con la mejor calidad posible y sin desperdiciar recursos del sistema, es justo lo contrario de lo que se realiza en infinidad de tareas en el sector constructivo, claro ejemplo, la ingente cantidad de residuos que se generan y el gran gasto en posventa por la falta de calidad en muchas de las unidades de obra.

La producción de Residuos de construcción y demolición RCD, según los datos manejados por la UE, sitúa la producción anual estatal en torno a los 45 millones de toneladas. De ellos, solo unos 11 millones de toneladas son gestionadas en plantas que cumplen con los estándares y las garantías que certifican la valorización de estos residuos como nuevos recursos útiles.



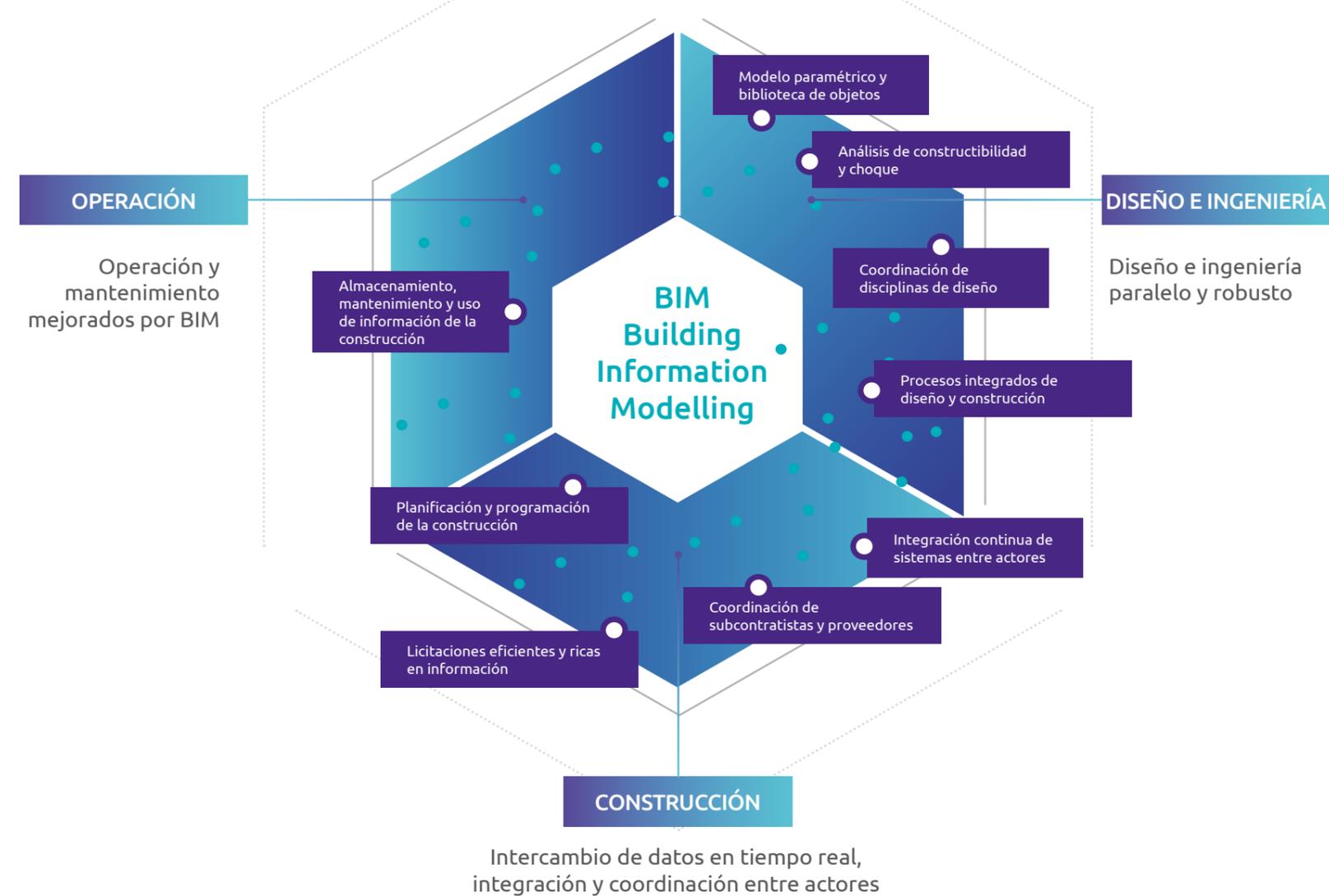
El dato más preocupante es que el resto de los RCD producidos, en torno a los 30 millones de toneladas, son gestionados de forma incorrecta e ilegal, generando graves impactos ambientales y paisajísticos, una materia prima que necesitó energía para su transformación y energía para su tratamiento y comprometiendo la existencia misma del sector del reciclado y valorización.

Por lo anteriormente expuesto e inmersos en la cuarta revolución industrial, el mundo de la industrialización en la construcción es uno de los retos del sector para mejorar los procesos constructivos y mejorar los impactos negativos de esta actividad.

La Construcción 4.0 se centra en la industrialización de sus procesos, pensar como una industria manufacturera, tratar los procesos constructivos actuales como procesos susceptibles de industrializar para incorporar a estos las tecnologías existentes.



## Aplicaciones de BIM en la cadena de valor de la ingeniería y la construcción



Entre estas tecnologías está el BIM (Building Information Modeling), proceso de generación y gestión de datos de un edificio durante su ciclo de vida utilizando software dinámico de modelado de edificios en 3D, ofrece un marco común y aceptado por todos los actores del proceso de construcción y simula diversos escenarios que permiten la toma de decisiones.

Se diseñarán equipos robotizados que reducirán los índices de siniestralidad mejorándose sustancialmente la productividad en la Construcción.

La inclusión de sensores en los elementos industrializados permitirá obtener información del sistema completo para un fin posterior (como ejemplo la sensorización de elementos nocivos); entre ellos está el gas radón, invisible e inodoro, con devastadores efectos cuando la exposición es larga en un hogar. Según la Organización Mundial de la Salud, la segunda causa de muerte por cáncer de pulmón, se calcula que el radón puede ser el culpable de hasta un 14% de este tipo de tumores malignos.

En España, el radón se encuentra bastante extendido. Según fuentes institucionales del Consejo de Seguridad Nuclear, Galicia y parte de Castilla y León son dos de las autonomías más afectadas. Extremadura, Madrid y parte de Castilla La Mancha también tienen altos índices de radón.

A pesar de las dificultades, la industrialización aporta múltiples ventajas como el descenso de la siniestralidad laboral, la reducción de residuos en obra, la menor huella de CO<sub>2</sub>, la disminución de ruidos en la obra, el menor impacto medioambiental, la reducción de los plazos de construcción, el control de costes, la mejora de la conciliación familiar, la estabilización de los puestos de trabajo y su especialización, la entrada en las fábricas de mujeres (casi inexistente en la mano de obra en construcción), la investigación, la mejora continua de los procesos, etc.

Indudablemente es el camino a seguir, en la búsqueda de la sostenibilidad, la eficiencia y la mejora continua en los procesos todo ello encaminado a prestar un mejor servicio a la sociedad.

*“si le hubiera preguntado a los constructores qué querían, habrían dicho más mano de obra cualificada”*

Permitiéndome el símil con la frase de Henry Ford, he querido ilustrar la necesidad de cambiar el modelo, ni caballos más rápidos ni más mano de obra cualificada con el modelo actual, INDUSTRIALIZACIÓN. ■



## CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA

# — ¿Optimización o transformación?

### INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO INTERNACIONAL

Es evidente que la industria de la construcción se encuentra en una encrucijada, obligada a reinventarse ante la brecha de productividad de la construcción<sup>1</sup>. Esta situación de ineficiencia provoca que la construcción tradicional sea susceptible de una transformación profunda, impulsando el nacimiento de nuevos modelos de negocio. Ello ha sido visto como oportunidad por diversos actores en el panorama internacional, lo que ha inducido al significativo crecimiento de la inversión en tecnologías de la construcción (ConTech) durante los últimos años, alcanzando los 1.600 millones de euros en 2018.

<sup>1</sup>Barbosa F. et al. (2017). *Reinventing Construction: A route to higher productivity*. McKinsey Global Institute and McKinsey's Capital Projects & Infrastructure, McKinsey.com.



**ESCRIBEN:**  
**Mateo Zimmermann**  
Manager de Inversiones en  
Cemex Ventures

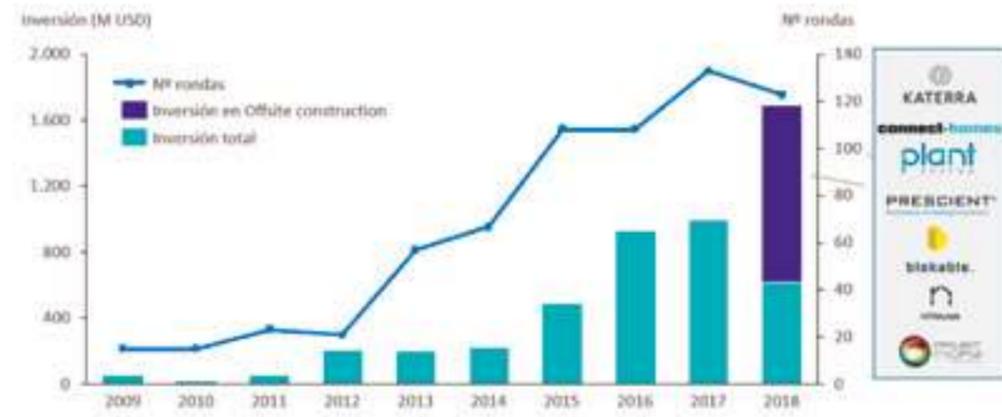
Licenciado en Ingeniería Industrial en Technische Universität Berlin y Master in Management de ESCP Europe (París). En CEMEX Ventures es responsable del análisis e inversión en nuevos modelos de negocio en tecnologías de la construcción (ConTech).



**Alfredo Carrato**  
Analista de inversiones en  
Cemex Ventures

Doctorando por la Universidad Politécnica de Madrid, arquitecto por la Universidad CEU San Pablo y Máster BIM Manager. Como analista de inversiones en CEMEX Ventures, evalúa la idoneidad de proyectos de emprendimiento e iniciativas disruptivas que impactan a la cadena de valor de la construcción.

El potencial de la construcción industrializada para mejorar radicalmente la productividad de la industria ha sido advertido por el mercado, provocando un creciente interés e inversión de los actores de la industria y fondos de inversión. La construcción off-site ha concentrado más del 60% de la inversión total en ConTech en el mundo en 2018 y cuentan entre sus inversores con grandes corporaciones como Amazon, Google o Goldman Sachs. En paralelo, consultoras como McKinsey, BCG o Roland Berger realizan reportes exhaustivos para analizar la tendencia al alza de esta tecnología disruptiva. Laing O'Rourke, Legal & General, Berkeley



**Figura 1:**  
Inversión en ConTech y Offsite Construction  
(fuentes: CB Insights, Pitchbook, Tracxn, JLL)

Group, Skender, Bouygues y Marriott son sólo algunos ejemplos de grandes corporaciones del ecosistema que han doblado su apuesta por este nuevo método constructivo.

La construcción off-site, además, no resulta un fenómeno desconocido en el sector de la construcción. Sin embargo, tendencias como la falta de mano de obra cualificada, la aplicación de metodologías Lean y BIM o la influencia de la economía circular han hecho que muchos profesionales del ecosistema valoren en la actualidad la adopción de sistemas constructivos alternativos. Ello – unido a los recientes avances relacionados con la calidad, la eficiencia y la sostenibilidad de los procesos – hace de esta una tecnología que se encuentra cercana a su punto dulce (sweet spot), favoreciendo modelos de negocio innovadores que están transformando de manera integral el sector.

## ¿OPTIMIZACIÓN O TRANSFORMACIÓN?

Mientras que la mayoría de innovaciones en el sector han supuesto hasta la fecha una optimización progresiva de procesos internos, la construcción industrializada supone un cambio de paradigma por la adopción simultánea de metodologías innovadoras que transforman por completo la concepción de la edificación tradicional. Variables como la definición de módulo, la elección del material, el tiempo de fabricación, la cadena de montaje o el sistema de transporte adquieren una relevancia capital en el nuevo panorama de off-site Construction, aportando valor añadido a todas las etapas de la cadena de valor. Entre ellas destacan principalmente:

- El potencial para reducir plazos de fabricación, puesta en obra y entrega hasta un 50%, con una consiguiente reducción de costes a medio plazo.
- La menor desviación en cuanto a previsiones financieras y temporales se refiere, y la mayor eficiencia de los procesos que las determinan asegurando la calidad de los productos en un entorno controlado.
- Un mayor grado de sostenibilidad, entendido desde la adopción de metodologías Lean, la reducción de residuos sólidos y recursos energéticos, el ciclo de vida de los materiales empleados y la huella total de carbono.
- Seguridad y salud mejoradas, que contribuyen a atraer mano de obra especializada y paliar la falta de profesionales que adolece en la actualidad el sector de la construcción.

## ¿POR QUÉ AHORA?

Si bien ya se han intentado llevar a término empresas similares en el pasado, hoy en día se dan las condiciones ideales para que la industrialización reafirme su potencial y penetre de manera definitiva y significativa en el mercado de la edificación. En primer lugar, porque la tecnología disponible facilita la integración de las herramientas de diseño con los entornos de fabricación, así como la automatización de procesos internos mediante la digitalización de los parámetros relacionados. A su vez, los avances en términos de optimización estructural y material permiten empujar los límites actuales de la producción y la seriación aumentando el volumen de fabricación de las empresas de manufactura y mitigando cada vez más el reto de la altura.

Por otra parte, también es sabido que la tendencia actual descrita por Naciones Unidas<sup>2</sup> habla de un crecimiento demográfico exponencial en metrópolis de todo el mundo. Ello, unido a la mano de obra escasa y cara en el sector de la construcción y la escasez de soluciones habitacionales, hace que la construcción industrializada se convierta en una opción más que atractiva para solventar la actual problemática coyuntural. Al mismo tiempo, iniciativas top-down promovidas por gobiernos



territoriales y/o supranacionales persiguen el acceso a una vivienda asequible y la utilización de sistemas cada vez más sostenibles, teniendo en cuenta la alta demanda de edificaciones nuevas en las ciudades y la conciencia de legar un metabolismo urbano que no comprometa las necesidades de generaciones posteriores.

<sup>2</sup> UN, D. (2015). World urbanization prospects: The 2014 revision. United Nations Department of Economics and Social Affairs, Population Division: New York, NY, USA.

## DEFINICIÓN DE LA UNIDAD REPETITIVA – 1D, 2D Ó 3D

Una de las primeras decisiones a la hora de abordar un proyecto de construcción industrializada es la definición de la unidad mínima, que tendrá una posterior repercusión sobre otras variables y condicionantes – tipología y escala de la edificación, coste de fabricación, complejidad del producto final, facilidad de transporte y montaje, etc. El número de dimensiones de dicha unidad es una de las elecciones con mayor trascendencia a este respecto, entre las cuales se pueden clasificar:

- Elementos unidimensionales, tales como vigas, pilares, canaletas u otras unidades lineales.
- Elementos bidimensionales o panelizados – ya sea en fachadas o tabiques técnicos – que integren subcomponentes en sus soluciones.
- Elementos tridimensionales o modulares, como resultado del montaje de distintas soluciones unidimensionales y bidimensionales que los componen.

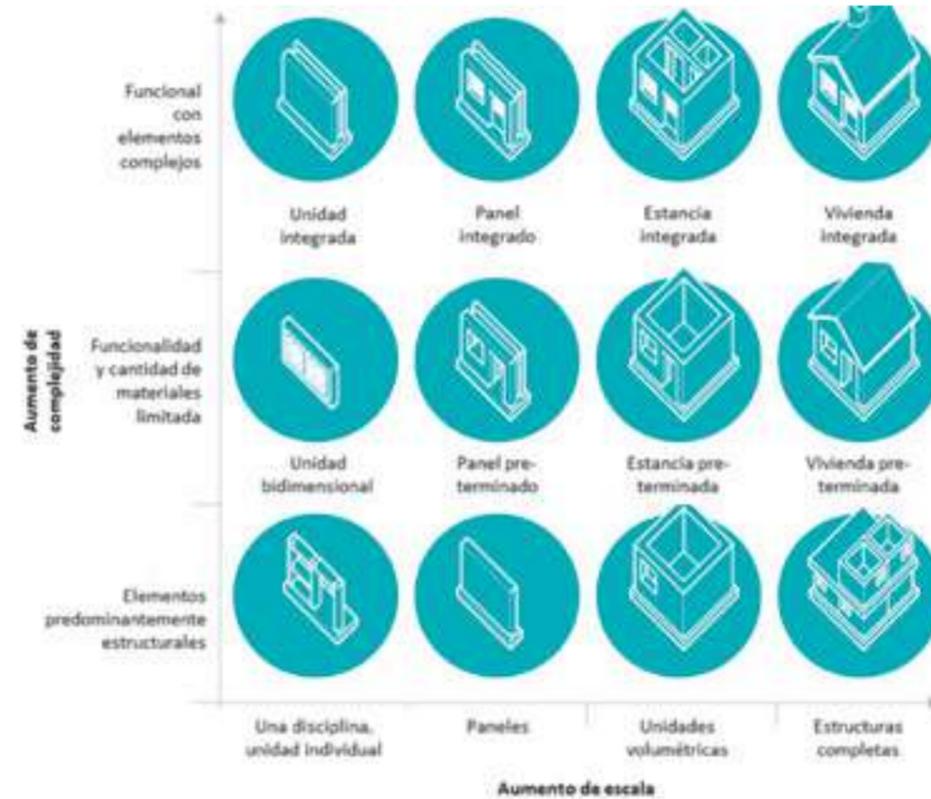


Figura 2:  
Complejidad y escala de la construcción industrializada (fuente: McKinsey)

Componentes 2D y 3D se han convertido en la actualidad en aquellos que aportan mayor valor añadido a la construcción industrializada, y pueden variar en escala y complejidad así como integrar mayor o menor cantidad de elementos. Los primeros garantizan flexibilidad de uso y facilidad de transporte, mientras que los segundos pueden potencialmente ofrecer un mayor grado de integración (baños, cocinas, estancias completas, etc.) y complejidad a costa del sacrificio de dicha flexibilidad.

## RETOS Y HOJA DE RUTA

A pesar de los múltiples beneficios que la construcción industrializada ya puede aportar al sector AEC, existen también retos y barreras que deben ser superados para lograr una mayor y mejor adopción de la iniciativa. Uno de los principales obstáculos reside en el alto grado de inversión inicial que debe acometerse para desarrollar un modelo de negocio de estas características, en un mercado cíclico – cuando no volátil – y fragmentado. Para ello resulta imprescindible que los mecanismos que regulan la financiación crediticia, la regulación normativa y/o la aprobación de licencias agilicen sus procesos y se adapten a la nueva casuística<sup>3</sup>, para no ser un cuello de botella en la cadena de valor y permitir que la construcción industrializada demuestre sin fisuras el valor neto de la oportunidad de negocio.

Al mismo tiempo, el éxito de la industrialización es directamente proporcional al grado de colaboración

entre los distintos actores que participan activamente en las distintas etapas del proyecto. De esta manera, la adopción de metodologías que favorecen la integración, la flexibilidad y/o la promoción de proyectos design-build permiten escalar la seriación de unidades hasta niveles en los que la automatización de los procesos relacionados puede multiplicar exponencialmente la productividad (a partir de la repetición de 1.000 unidades<sup>4</sup>); todo ello, unido a las mejoras continuas en el campo de la logística y el reto de la altura, aseguran una mejora competitiva en relación con la práctica habitual.

## CONCLUSIONES

La industrialización en el sector AEC todavía no ha experimentado un crecimiento estable y continuado que le permita afianzarse en el mercado actual de la edificación. No obstante, los avances tecnológicos de los últimos años y el contexto económico y laboral que los rodea hacen de la prefabricación una solución que ya hoy ofrece garantías de calidad y sostenibilidad al mismo tiempo que puede competir en precio y servicio con los sistemas actuales de construcción. Es por ello que para hacer frente a un panorama que refleja una escasez de mano de obra y en el cual el mercado demanda soluciones ágiles, sostenibles y de calidad, la construcción industrializada ofrece mejores respuestas que nunca y por primera vez representa una alternativa real a la construcción tradicional. ■

<sup>3</sup>Ejemplos de ello son Reino Unido o Singapur, donde los gobiernos han elaborado planes estratégicos que contemplan la promoción de la digitalización del sector, la colaboración entre agentes y/o la difusión de la construcción industrializada.

<sup>4</sup>Bertram, N. et al. (2019). Modular construction: From projects to products. McKinsey Capital Projects & Infrastructure, McKinsey.com.



## COLABORADORES

# — La Construcción Industrializada: Por fin vino para quedarse

Los arquitectos sabemos bien la cantidad de intentos, generalmente fallidos, que ha habido en relación con estos temas, desde hace ya varias décadas.

**E**n España hubo varias experiencias, con mayor o menor impacto en el sector de la construcción, pero nunca terminó de consolidarse, por diversas circunstancias; el precio, la casi nula capacidad instalada y los problemas constructivos, sobre todo en los encuentros con otros materiales, no permitieron que la construcción industrializada se convirtiera en algo usual y recurrente a la hora de hacer realidad nuestros proyectos de arquitectura.

Pero ahora las circunstancias han cambiado notablemente; la escasez de mano de obra, su carestía por esta y otras circunstancias y la necesidad de limitar los interminables plazos de la gran mayoría de las obras, han hecho que el sector de la promoción inmobiliaria y de la construcción miren de nuevo hacia las bondades de la industrialización constructiva.



**ESCRIBE:**  
**Fernando Catalán de Ocón Cadenas**

Director de Programas, Área Inmobiliaria Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM)

*Arquitecto y Empresario, ha participado en la formación, en los últimos 32 años, de más de 11.000 alumnos, tanto en España, como en Latinoamérica. Fue Director del Máster en Dirección de Empresas Constructoras e Inmobiliarias (MDI), de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ETSAM), de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), durante más de dos décadas, siendo, desde 2015, el Responsable del Área Inmobiliaria y de Empresa, del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM) y Presidente del Consejo Asesor INMOMAT. Asimismo es Consejero de varias compañías del Sector Inmobiliario y de la Construcción, del Sector Asegurador. Es Representante Comercial de uno de los 3 principales Estudios de Arquitectura de España y Partner de algunas Compañías Tecnológicas y del Sector de la Industrialización Constructiva.*

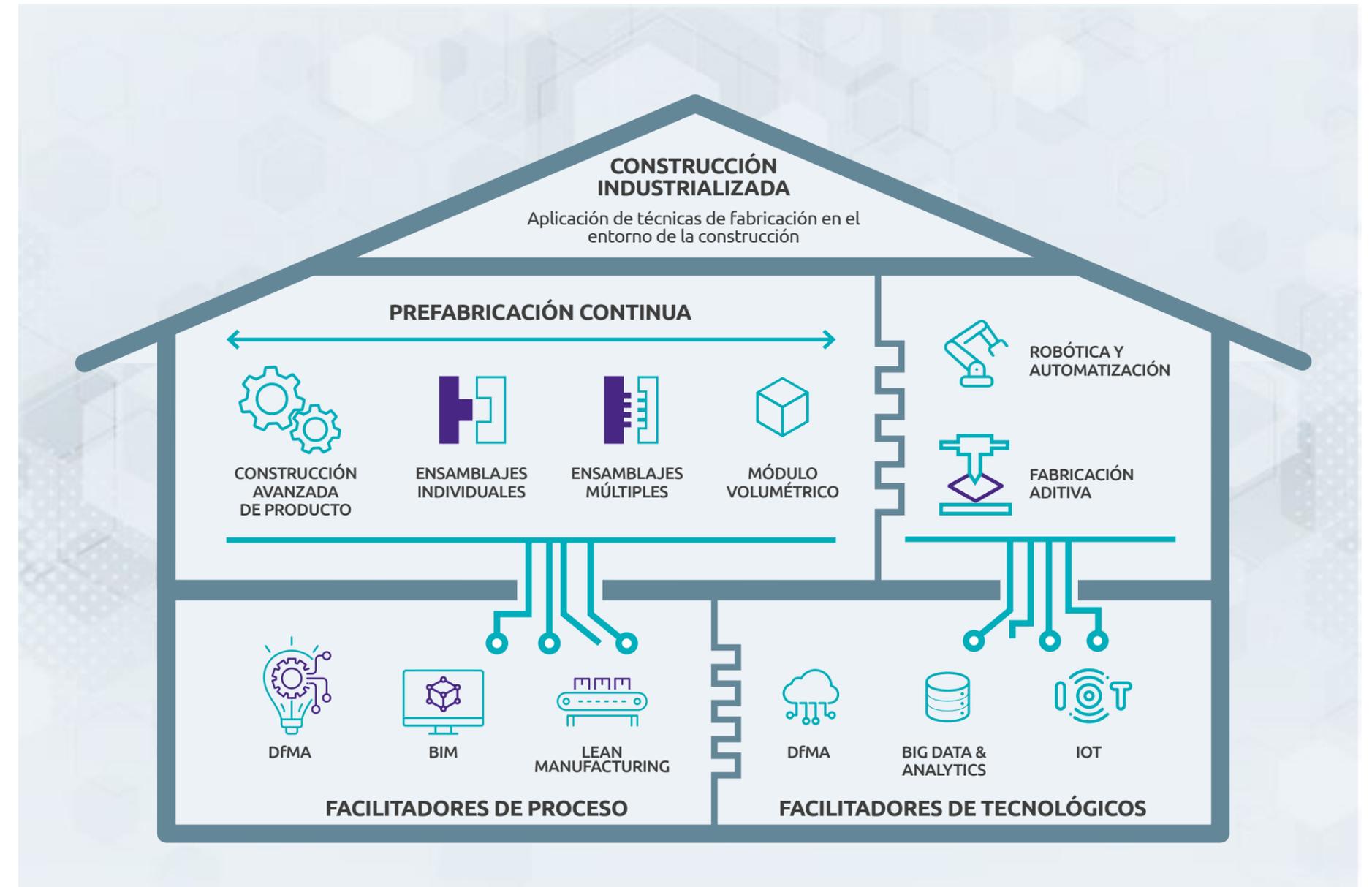
Asimismo confluye algo fundamental para que esta forma de construir haya venido, ¡por fin!, para quedarse: la necesidad de encaminar todas las acciones que emprenda el hombre hacia la SOSTENIBILIDAD, hacia el cuidado del Medio Ambiente y, en definitiva, hacia un mundo menos contaminado, por lo tanto, más habitable, con menos desigualdades y mejor para todos.

Además, ya era hora de que nuestro querido Sector se adecuase a las actuales circunstancias, a la modernidad y a las nuevas tecnologías. Era y es una asignatura pendiente que tenemos que aprobar con la mayor celeridad posible. Aquella terrible frase de “construimos como en la época de los romanos” (y yo diría que, desde mucho, muchísimo más atrás), debe pasar definitivamente, a la historia.

Ahora bien, nuestra profesión, la Arquitectura y todos los que nos dedicamos a ella, tenemos la obligación de repensar nuestras formas de proyectar y de transmitir nuestras necesidades a las diferentes ingenierías. Esto va a implicar cambios sustanciales en los procesos de licitación y gestión para conseguir nuestros materiales y la introducción de constantes mejoras en los procesos de la ejecución de los distintos capítulos de nuestras obras.

Otro aspecto clave y fundamental, es el referido a nuestro capital humano. A las personas que, tanto en las fábricas, lugares de origen de esta nueva forma de trabajar, como en las obras, tenemos que dotarlas de una nueva mentalidad digital y darles formación de calidad sobre los nuevos procesos que exigen estas nuevas tecnologías.

Estas medidas, sin duda, repercutirán en una mejora sustancial de la productividad, término este apenas valorado hasta ahora, cuando hablamos de construcción.

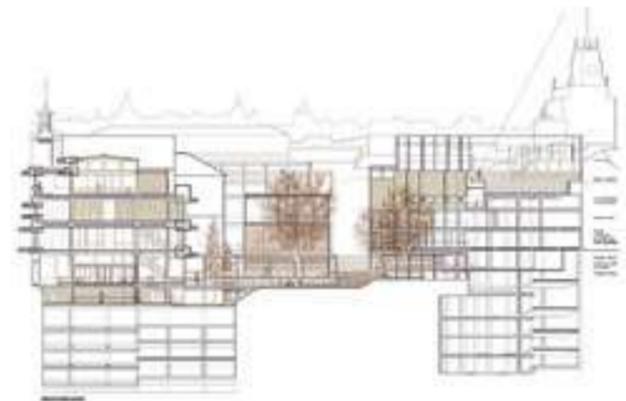


Menor tiempo de realización de nuestras viviendas (con lo que esto va a repercutir en las cuentas de resultados de nuestras empresas promotoras), mayor calidad en la ejecución de la gran mayoría de las partidas (pues se hacen en fábrica, bajo magníficas condiciones de trabajo y tecnología) y un menor coste, sobre todo, en el momento que lleguemos a un determinado punto de economía de escala, harán que la construcción industrializada “haya venido para quedarse”, y parece que, por fin, definitivamente.

Los arquitectos nos hemos ido adaptando paulatinamente, desde un punto de vista proyectual, a las nuevas tecnologías. Así, son ya muchos, muchísimos los Estudios de Arquitectura que estamos adaptados al BIM (Building Information Modeling), que nos da una gran visión 3D, y que nos está permitiendo avanzar, a velocidad vertiginosa, en la realización de nuestros Proyectos de Ejecución, de forma ordenada e integral. Es gratificante, por otro lado, ver el interés que estas nuevas tecnologías digitales están despertando en las Administraciones Públicas.

Sin embargo, nuestra nueva forma de trabajar está teniendo graves dificultades cuando lo trasladamos al mundo de la ejecución de las obras: no nos acabamos de entender, porque, sencillamente, no hablamos en el mismo lenguaje. Y esto supone un grave problema, pero, ¿por qué se produce?

Principalmente, porque la inversión en el Sector de la Construcción es bajísima: 35 veces inferior a la media de inversión de otros sectores, como pueden ser el sector de las industrias o de los servicios. (INE 2014).



Ni que decir tiene que tenemos que avanzar en este terreno y hacerlo de manera sostenible e igualitaria. Sí, igualitaria, porque el actual modelo productivo del sector constructivo discrimina de manera clara a la mujer. Es imposible, en las actuales circunstancias, que se produzca una igualdad de género.

Ni que decir tiene que, además, personas con determinadas discapacidades, que podrían aportar mucho al sector, son rechazadas, pues, en infinidad de ocasiones, las con-

diciones donde se producen las obras no son las idóneas para una buena y justa política de inclusión social.

Después de la pronunciada crisis de 2008, donde cambiaron radicalmente los actores del mercado (aparecieron



los nuevos “players”, como se denominaron entonces), hoy, tras la pandemia del COVID 19, nos enfrentamos a un escenario incierto y de consecuencias difíciles de predecir.

El negocio de la Promoción inmobiliaria, como todos los demás, va a sufrir, con seguridad, profundos cambios y habrá que estar muy atentos a ellos, para conseguir nuestros objetivos de rentabilidad.

Justo antes de esta devastadora situación, nuestro Sector ya daba muestras de cierta desaceleración: se vendían menos viviendas de obra nueva, se ralentizaba la subida de precios, así como la concesión de nuevas hipotecas. Se hablaba de etapa de consolidación, de ajuste, pero la verdad es que nuestro tradicional mercado de la vivienda daba muestras de agotamiento.

Como consecuencia de estas circunstancias, habían aparecido, con fuerza, nuevas alternativas para revitalizar el negocio, como era el BTR (Build to Rent), el Coworking, las Residencias de Estudiantes o el Coliving, entre otras.

Bien es verdad que otros subsectores, como el de oficinas o el logístico, seguían con un crecimiento moderado, sin apenas incertidumbres en el corto plazo.

Hoy no sabemos a lo que nos vamos a enfrentar, pero lo que sí es seguro es que, en España, seguirá haciendo falta la creación de alrededor de unos 100.000 hogares anuales. También, para un futuro inmediato, parece necesaria la creación de varios cientos de miles de viviendas dedicadas al alquiler. ■



**ESCRIBE:**  
**Francisco Nisa González**  
 Delegado de Edificación  
 en Avintia Construcción

*Arquitecto técnico por la Escuela Politécnica de la Universidad de Extremadura, con más de 20 años de experiencia en el sector. Es Delegado de Edificación en Avintia Construcción, gestionando y coordinando proyectos de edificación residencial, terciario, industrial, rehabilitaciones especiales, etc., con especial implicación en la implantación de la construcción industrializada en la compañía.*

## CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA

# — Modelo Industrializado vs Modelo Tradicional

Para poder comparar un modelo de construcción frente a otro, primero tenemos que aclarar cómo es cada uno de los modelos. Partiendo de lo que conocemos veremos las diferencias y entenderemos mejor el porqué de la introducción de un modelo nuevo o diferente.

### ¿CÓMO VENIMOS CONSTRUYENDO EN LA ACTUALIDAD?

El MODELO TRADICIONAL es aquel en el que se realizan todas las tareas necesarias para materializar los elementos de un edificio en el lugar del proyecto, esto es, "in situ".

Estas actividades son ejecutadas por personas más o menos experimentadas a través de la información y formación recibida por sus antecesores, siendo un aprendizaje generacional que tiende a generar cierta improvisación y espontaneidad.

Esto, a su vez, hace que se avance poco en los materiales a utilizar y que se mantengan las mismas técnicas de construcción.

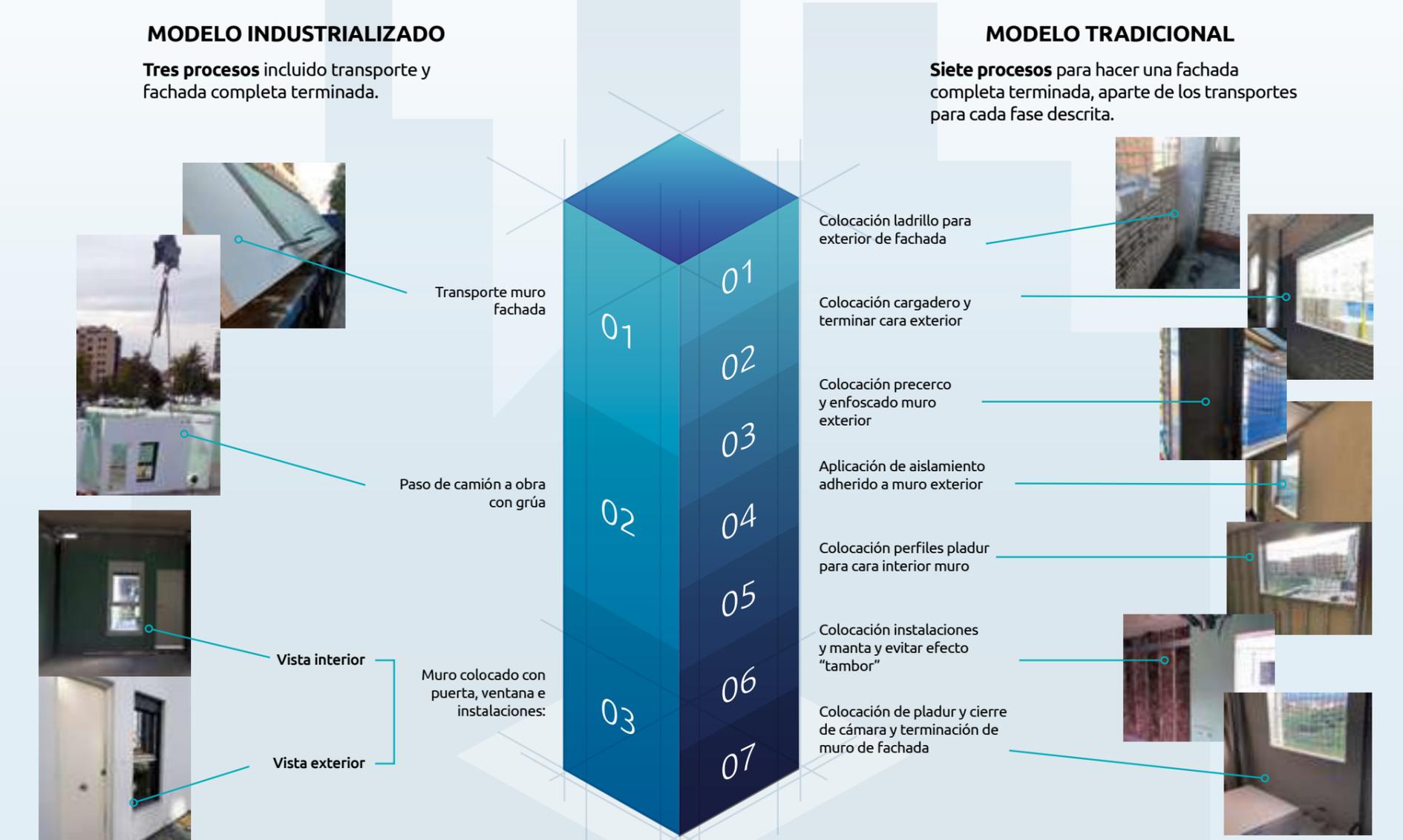


Pero cada vez son menos estas personas experimentadas que puedan trasladar su conocimiento a otras, así como los aprendices de oficios. Todo ello repercute en la calidad del producto final entregado y en la precisión y cumplimiento de los plazos de ejecución.

Una vez manifiestas las carencias del que venimos llamando "modelo tradicional", aclaremos lo que se entiende por un MODELO INDUSTRIALIZADO: y es que, este modo de construcción surge para paliar las deficiencias que hemos comentado. Sería el resultado de la elaboración previa, organizada, cíclica y en serie de elementos que, con un montaje ordenado y continuo, den lugar a edificios completos, atendiendo a las exigencias de mercado, normas de calidad, habitabilidad y confort, resistencia y por tanto durabilidad y, cómo no, de aspecto y funcionalidad. Tiene por tanto dos fases: una primera sería la producción en serie en fábrica, es decir, "ex situ", y una segunda fase de montaje.

*"...el resultado de la elaboración previa, organizada, cíclica y en serie de elementos, que con un montaje ordenado y continuo..."*

### EJEMPLO COMPARATIVO DE UN PROCESO CONSTRUCTIVO DE OBRA



Una vez aclarado con imágenes, podemos citar las ventajas de qué conlleva un MODELO INDUSTRIALIZADO frente a uno TRADICIONAL:

### MODELO TRADICIONAL

- Poco especializado
- Cada Arquitecto tiene sus detalles y van mejorando lo anterior
- Difícil control en obra
- Errores de obra quedan ocultos
- Más compleja de realizar
- Dificultad en cumplir plazos
- Menor control en costes, puede variar según avanza la obra
- Mayor siniestralidad, hay más medios auxiliares, más personal interaccionando en poco espacio.
- Menor orden y limpieza
- Al ejecutarse a la intemperie dependencia de la climatología, que sea favorable, si no provocará retrasos
- Obra húmeda, materiales: hormigones y morteros "in situ", ladrillo, yesos, etc.
- Poca innovación



#### Equipo de Trabajo



#### Detalles Constructivos



#### Ejecución



#### Seguridad y Salud



#### Productividad



#### Materiales

### MODELO INDUSTRIALIZADO

- Cualificado, tanto en fábrica como en montaje
- Detalles contrastados
- Alto grado de control
- Precisión en acabados
- Detalles ejecutados al milímetro
- Ahorro en costes y tiempo
- Precio Cerrado
- Baja siniestralidad laboral
- Eliminación de residuos
- Trabajos más limpios y ordenados
- Mayor productividad, ya que no se depende de las condiciones meteorológicas para fabricar piezas
- Obra seca, materiales: hormigón en fábrica, acero, madera, etc.
- Posibilita innovación

*"...un edificio industrializado y uno tradicional, visualmente observará pocas o ninguna diferencia..."*



Esto absorbe las deficiencias comentadas en el modelo anterior, mejora la calidad del producto final y garantiza precisión y cumplimiento de plazos. Pero para una mejor aclaración, podemos ejemplarizarlo con unas imágenes de cómo se ejecuta el mismo elemento en uno y otro modelo de construcción en diferentes fases de un edificio. El modelo industrializado no está sometido a imprevistos, los tiempos de diseño se pueden definir de forma más temprana porque los detalles constructivos vienen definidos por el sistema elegido, lo que hace, a su vez, que el ajuste presupuestario sea más sencillo. De cara al usuario final, entre un edificio industrializado y uno tradicional, visualmente observará pocas o ninguna diferencia y se debe huir de la idea preconcebida de falta de calidad de lo prefabricado, al contrario, lo que se hace en fábrica está expuesto a un mayor control de calidad, está en un entorno controlado y es ajeno a los condicionantes climatológicos de una obra "in situ". Es el mercado y la situación económica y social los que están conduciendo a este modo de construir, al MODELO INDUSTRIALIZADO. ■





## INDUSTRIALIZACIÓN

# Industrialización

La industrialización de viviendas se ha erigido como un modelo de trabajo estratégico y alternativo a la promoción residencial tradicional. En el presente documento explicaremos cómo puede convertirse en una herramienta fundamental para mejorar la calidad, reducir costes, riesgos laborales, problemas medioambientales, etc.

## EL PROBLEMA DE LA CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL

El sector de la construcción ha experimentado en los últimos años, entre otros factores, el aumento del precio de la vivienda que, aunque se ha incrementado desde el 2014, no lo ha hecho al mismo ritmo que el desmesurado



## ESCRIBE:

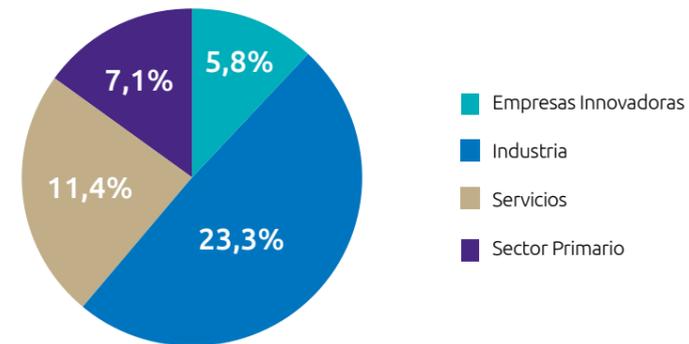
**Estefanía Alcarazo**

Directora de Proyectos y Sostenibilidad en Metrovacesa

*Licenciada en Arquitectura por la Universidad Politécnica de Madrid y Máster en Restauración y Rehabilitación del Patrimonio. Posgrado en arquitectura bioclimática y paisaje por el Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM). Experiencia en puestos de perfil técnico-comercial y gestión de equipos en empresas relacionadas con el sector de los materiales y la construcción.*

crecimiento del precio de la mano de obra especializada (con un incremento de 15% – 20% entre 2017 y 2019). A ello, hay que añadir que los procesos de obra de la construcción tradicional son excesivamente lentos y traen consigo una serie de problemas difíciles de controlar como pueden ser los retrasos debidos a las condiciones climatológicas, alto impacto medioambiental, riesgos laborales, etc. Por ejemplo, hoy en día muchos de los accidentes más graves en la construcción de vivienda se producen en la fase de ejecución de la obra. Además, la tasa de productividad en el sector de la construcción en España apenas ha evolucionado en los últimos 20 años, al contrario que en otras industrias de la economía española que llevan años implementando políticas innovadoras y disruptivas para aumentar la eficiencia del sector. España es uno de los países que menos ha invertido en innovación en materia de construcción. El gasto destinado a este propósito fue 35 veces inferior al realizado por las empresas de la industria o los servicios, y el número de empresas consideradas innovadoras fue del 5,8%, frente al 23,3% de

la Industria, el 11,4% de los Servicios, y el 7,1% del Sector Primario, tal y como publicó el Instituto Nacional de Estadística (INE) en el año 2014.



Las ineficiencias que presenta el modelo tradicional y las nuevas tendencias en materia de sostenibilidad y digitalización van a provocar una auténtica revolución en el ámbito de la innovación nunca antes visto en el sector. La industrialización, la robótica y todas aquellas tecnologías que logren una mayor eficiencia en los procesos jugarán un papel muy importante en los próximos años.

### LA INDUSTRIALIZACIÓN

La industrialización o Building Assembly Manufacturing (BAM), que supone toda una revolución en el sector, es una técnica que consiste en ensamblar los distintos elementos constructivos que forman un sistema completo fabricado en taller, contando por tanto con toda la experiencia y todas las garantías de los diferentes componentes del proceso. Esto es

algo que en una obra tradicional es imposible controlar puesto que intervienen muchos factores que son absolutamente impredecibles.

Esta técnica ofrece múltiples ventajas para los diferentes actores implicados en el proceso inmobiliario, especialmente para promotores, clientes y sociedad en general. Asimismo, contribuye a la evolución del mercado inmobiliario residencial, mejorando su productividad y calidad.

<b>Beneficios promotores:</b>	optimización de costes, mayor productividad, retorno de la inversión en menor tiempo y mayor rotación de activos.
<b>Beneficios clientes:</b>	reducción de plazos, mayor control y mayor calidad, lo que repercute directamente en menores deficiencias y errores apreciados durante la vida del edificio.
<b>Beneficios sociedad:</b>	menor impacto medioambiental y mejora de las condiciones laborales.

La industria ha avanzado notablemente en la producción en fábrica de viviendas, perfeccionando la técnica y el diseño final. Sin embargo, el sector todavía debe abordar el reto de la industrialización en altura, ya que la mayor parte de las prefabricaciones son de tipología unifamiliar. Metrovacesa trabaja ya en superar las 7 alturas en la edificación a través de esta técnica, lo que supone una auténtica revolución arquitectónica, de ingeniería y operativa. Será por tanto la primera gran promotora en España en construir bloques de pisos completamente industrializados con esta altura.

### VENTAJAS DE LA INDUSTRIALIZACIÓN

Uno de los principales retos a los que se está enfrentando actualmente el sector inmobiliario es el incremento de los costes de construcción y las contingencias de diferente índole que afectan al desarrollo de los proyectos en el tiempo establecido.

Las principales ventajas que ofrece esta nueva forma de construcción son las siguientes:



<b>Ahorro</b>	Reducción márgenes de error y sobrecostes asociados
<b>Sostenibilidad</b>	Procesos de fabricación sostenibles que permiten la reutilización de los recursos empleados
<b>Control y eficiencia</b>	Mejora la eficiencia en los procesos y optimiza los recursos
<b>Flexibilidad</b>	Adaptación al diseño y a las necesidades del cliente
<b>Calidad</b>	Permite ofrecer un producto excelente y único
<b>Innovación</b>	Favorece la innovación y el desarrollo del sector

#### Ahorro (en tiempo y costes)

La industrialización permite un ahorro significativo de tiempo ya que reduce al menos un 30% los plazos para la construcción y entrega de las viviendas y además permite agilizar el proceso gracias a que elimina tiempos de espera, haciendo posible atender a las distintas fases del proyecto al mismo tiempo. Por ejemplo, mientras se realizan los trabajos de cimentación y de preparación del terreno, se fa-

brican los paneles multicapa que conformarán las viviendas, los cuales son trasladados posteriormente a la parcela para su montaje para dar forma al proyecto arquitectónico. Por otro lado, la industrialización permite desligar el proceso constructivo de las condiciones meteorológicas y, por ende, de los posibles contratiempos que pueden surgir en el mismo, minimizando riesgos.

El coste económico de la producción en fábrica es similar al del sistema tradicional, sin embargo la disminución del tiempo de ejecución permite un retorno de la inversión en menor tiempo. Del mismo modo, al eliminar posibles riesgos ligados a las condiciones meteorológicas y al trabajo in situ en los terrenos, se reducen los costes ligados a estas contingencias.

#### *Reducción márgenes de error y sobrecostes asociados*

#### **Sostenibilidad**

La preservación del medio ambiente es uno de los grandes retos del siglo XXI y aplica a todos los sectores de actividad de una economía. En este sentido, es prioritario impulsar

prácticas y procesos cada vez más sostenibles que permitan al sector inmobiliario convertirse en dinamizador de esta tendencia. La industrialización puede convertirse en un gran aliado para afrontar todos los retos medioambientales que se presentan, ya que la construcción industrializada implica procesos de fabricación menos agresivos con

el entorno, disminuye considerablemente el volumen de residuos generados y permite reducir la demanda energéti-

ca, lo que facilita una mayor preservación del ecosistema. Además, el desarrollo de nuevos sistemas constructivos en fábrica conlleva una clara reducción de la contaminación, y no sólo medioambientalmente, sino también en cuanto a contaminación acústica. Esto equivale a procesos más respetuosos con el entorno y la sociedad, especialmente en aquellos proyectos que se desarrollan en enclaves ya consolidados que pueden verse afectados.

#### *Procesos de fabricación sostenibles que permiten la reutilización de los recursos empleados.*

#### **Control y eficiencia**

Otra de las ventajas asociadas a esta técnica es la mejora en la eficiencia en procesos y la optimización de los recursos. Para lograr esta ventaja la construcción en fábrica se apoya en la tecnología BIM, presente en todo el proceso de desarrollo de viviendas industrializadas, que permite dotar de inteligencia a los elementos constructivos, lo que garantiza una mayor precisión y trazabilidad durante la vida útil del edificio.

#### *Mejora la eficiencia en los procesos y optimiza los recursos.*

#### **Flexibilidad:**

El sector inmobiliario está inmerso en la búsqueda de nuevos procedimientos que mejoren la eficiencia, pero estos deben ser capaces de adaptarse con facilidad a las diversas circunstancias y necesidades que puedan surgir. En este sentido, la flexibilidad es una de las principales ventajas vincula-



das a la industrialización ya que, entre otros aspectos, permite una amplia gama de soluciones para adaptarse a las distintas necesidades de diseño.

#### *Adaptación al diseño y a las necesidades del cliente.*

#### **Calidad:**

En los últimos años, la vivienda industrializada ha evolucionado y se ha perfeccionado notablemente con respecto a la de hace unos años, en cuanto a diseño y calidad se refiere. Este proceso de construcción permite emplear materiales de primera calidad, superando incluso a los empleados en las obras tradicionales.

#### *Permite ofrecer un producto excelente y único.*

#### **Innovación**

La industrialización permite integrar nuevas tecnologías en las plantas de fabricación, impulsando así la innovación y el desarrollo del sector inmobiliario, uno de los más tradicionales de la economía.

#### *Favorece la innovación y el desarrollo del sector.*

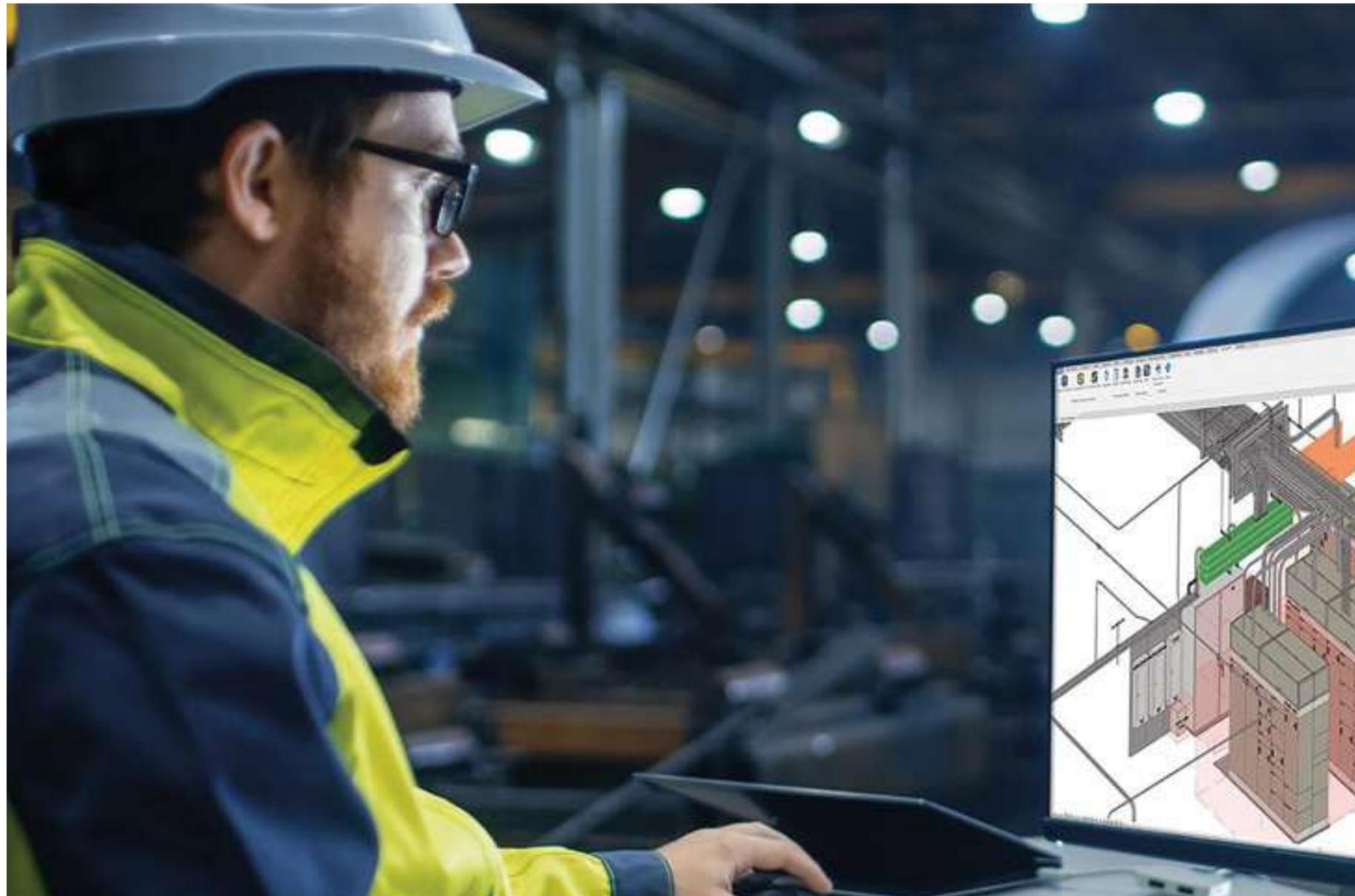
## **CONCLUSIÓN**

El sector de la construcción se encuentra en un momento clave y debe hacer frente a todos los problemas que genera el desarrollo de viviendas de forma tradicional.

La industrialización se ha convertido en una de las soluciones más atractivas para los promotores y el usuario final ante esta situación. Esta técnica ha evolucionado y se ha modernizado muy notablemente durante los últimos años, mejorando el diseño y calidad del proceso, reduciendo el tiempo de ejecución de los proyectos, y aumentando la seguridad tanto en el proceso de fabricación como en el cumplimiento del plan de negocio.

Además, la fabricación en altura supone uno de los grandes retos de la industria para los próximos años. Metrovacesa mantiene una firme apuesta por este tipo de construcción que conseguirá, entre otras cosas, reducir en un 30% los plazos de obra y entrega.

Todo ello muestra la importancia de la industrialización que supondrá un beneficio para todos los actores involucrados en el proceso, lo que redundará en una mayor satisfacción del cliente. ■



## INDUSTRIALIZAR LA CONSTRUCCIÓN

# Del “Diseñar para Construir” al “Diseño para la Fabricación y Montaje”

Cuando hablamos de industrialización, experiencias pasadas han demostrado que los intentos de “industrializar” el proceso de construcción han fallado una y otra vez. Pero, ¿por qué?

**E**l problema es que de forma generalizada se entiende el proceso constructivo como un proceso aislado e independiente, cuando es todo lo contrario: la construcción, propiamente dicha, es sólo un eslabón de una cadena mucho más larga de procesos y actividades interrelacionadas y unidas entre sí y, por tanto, es un error creer que sólo transformar este proceso va a ser suficiente y eficaz para paliar todos los problemas estructurales que afectan al sector. La realidad es que no ha habido una rigurosa industrialización de todos los procesos de diseño, planificación y producción, de modo que solo veremos los frutos cuando consigamos

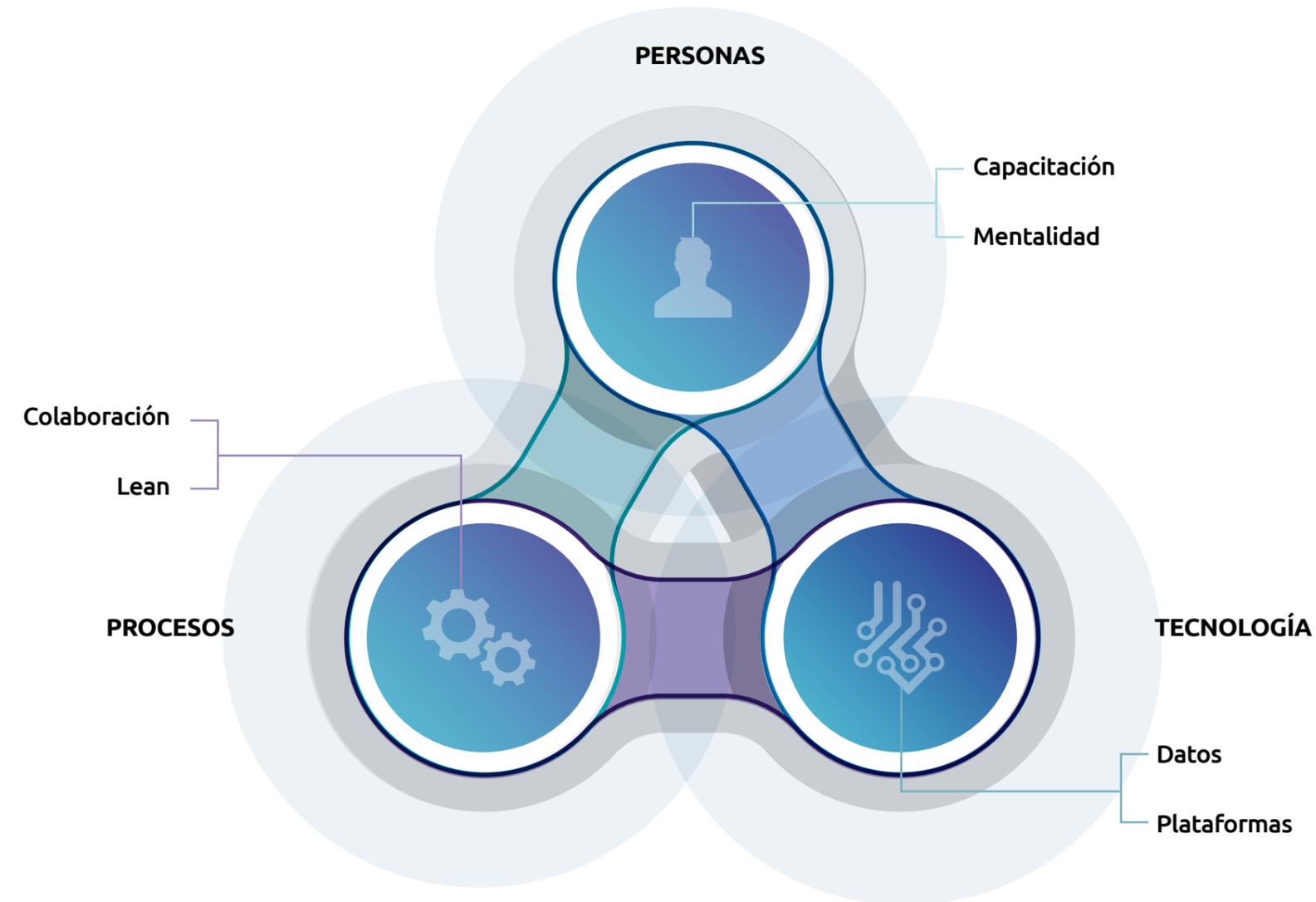
transformar la cadena de valor de principio a fin. No sólo es suficiente con industrializar el sistema constructivo. La industrialización de la construcción, como en cualquier otra industria, requerirá cambios drásticos en 3 ejes principales: las personas, los procesos y la tecnología. Estos 3 facilitadores de cambio e innovación están indisolublemente unidos y la transformación de uno de ellos tiene consecuencias en los otros dos. Así que sólo una respuesta holística e integrada permitirá que llegemos a alcanzar una construcción industrializada.



**ESCRIBE:**  
**Lucas Galán**

Director de Producto e Innovación en Neinor Homes

*Executive MBA por el IE Business School, Máster en Dirección y Gestión Inmobiliaria por la Universidad Europea de Madrid y Arquitecto por la Universidad Politécnica de Madrid. Cuenta con 15 años de experiencia internacional en España, Chile, Brasil y Japón en la industria inmobiliaria de la construcción, sector del que también ofrece formación en varias Universidades y Escuelas de Negocio.*



## PERSONAS

### Capacitación

Este nuevo modelo de industria va a requerir nuevas capacidades y habilidades. Una nueva cantera de profesionales. Debemos revertir una industria que expulsa y destruye al talento por una industria que atraiga y que genere empleo.

Los edificios se diseñarán, calcularán, gestionarán y fabricarán de forma diferente y serán necesarios nuevos profesionales con nuevas habilidades y capacidades para llevarlos a cabo.

Las nuevas tecnologías, nuevas formas de trabajar, nuevos materiales, nuevos estándares de eficiencia energética, nuevas técnicas de fabricación avanzada, reducción del uso del carbono y del agua, etc., van a requerir una mano de obra cualificada que sepa responder a los nuevos desafíos y retos a los que nos enfrentamos con nuevas habilidades digitales, técnicas y de colaboración. El futuro de la industria requerirá profesionales con conocimientos y capacidades digitales, que puedan operar en diferentes entornos, con la capacidad de liderar y gestionar equipos complejos y diversos, tanto en la obra como en contextos de fábrica.

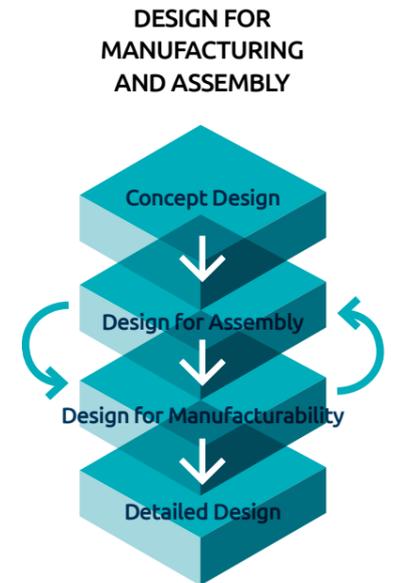
Los profesionales del futuro serán especialistas digitales de amplio alcance, al mismo tiempo que nuevas disciplinas y roles se incorporarán al sector como especialistas en logística, ingenieros de datos, especialistas en robótica, ensambladores, especialistas en diseño computacional, etc.

### Mentalidad:

La "vieja" forma de construir con un modelo "Diseñar para Construir" va a tener que dejar paso a un modelo basado en el "Diseño para la Fabricación y Montaje" o DfMA (Design for Manufacturing and Assembly). Esta nueva forma de construir va a requerir una nueva forma de pensar el proceso de diseño y de construcción.

En esencia, el DfMA es un modelo que aborda el diseño desde la optimización para el proceso de construcción y fabricación. Cómo diseñar reduciendo el número de piezas necesarias, simplificando los métodos constructivos de ensamblaje e instalación y, por tanto, reduciendo el coste y el tiempo. Bajo DfMA la captura de valor gravita a una etapa más temprana. No sólo necesita un compromiso mucho más temprano con el diseño sino también con el cómo se va a construir, cómo se va a fabricar. Las decisiones no se pueden posponer a etapas más tardías o incluso a esperar que se resuelvan en obra o por los propios proveedores. El diseño debe quedar "congelado", definido y verificado antes de iniciar el proceso de fabricación.

Y este proceso de optimización requiere una retroalimentación continua para incorporar la experiencia acumulada en el propio proceso de diseño, fabricación, de todos los agentes intervinientes y no sólo por parte del equipo de diseño. Vamos a tener que desaprender muchos de los principios de diseño y gestión de los proyectos que nos han inculcado.



## GESTIÓN LEAN

**PROCESOS****Colaboración**

Los proyectos de construcción, cada vez más, están compuestos por mayor cantidad de actores, con roles, intereses y responsabilidades diferentes. La mayor parte de las ineficiencias del sector de la construcción se derivan de esta falta de colaboración o comunicación entre agentes intervinientes en el proceso.

Las relaciones contractuales tradicionales están definidas por acuerdos poco alineados, con una determinación de responsabilidades rígida y, sobre todo, poco incentivada a la colaboración y al trabajo en equipo.

Es un modelo en donde, paradójicamente, en vez de construir, se destruye valor, calidad y dinero.

Establecer un modelo de relación integrado con un espacio colaborativo entre agentes es un contexto indispensable para poder potencialmente crear proyectos con más valor, en menor tiempo y con un menor coste.

Los modelos tradicionales de desarrollo de proyectos (diseño-licitación-construcción) se han quedado obsoletos para responder a las nuevas necesidades del sector, dando paso a modelos colaborativos como los IPD, que permiten a todos los agentes participar desde el principio del proyecto, mejorando la coordinación, el flujo de la información y la asunción de responsabilidades.

Estos modelos, mucho más horizontales y menos jerarquizados que los tradicionales, permiten enfocarse más a resultados, utilizando las mejores habilidades de cada uno de los agentes intervinientes en cada proyecto.

Sin duda, la industrialización conllevará una nueva definición de modelos, riesgos, responsabilidades y confianza entre agentes.

**Lean**

La aplicación de los principios del Lean Production a la industria de la construcción, es decir, la filosofía de gestión derivada principalmente del Sistema de Producción de Toyota, y que enfatiza la maximización del valor reduciendo al mínimo los desperdicios, es un enfoque muy diferente a los métodos de construcción tradicionales.

La filosofía de Lean se basa en entender el valor desde el punto de vista del cliente. Una vez entendido ese valor, se pueden diseñar todos los procesos necesarios para entregar ese valor eliminando todo lo que es un desperdicio, a través del método más efectivo y eficiente posible.

Existen una serie de herramientas que incluyen Last Planner System (LPS), IPD, Kaizen, etc., que permiten combinarlas para llevar a cabo una gestión Lean.

La eficiencia tan necesaria para industrializar la construcción sólo se puede lograr a través de un cambio fundamental en los procesos, donde la construcción se parezca mucho más a la fabricación, y en donde el uso de materias primas se minimice, al igual que su fabricación y manipulación. Los componentes de un edificio llegarán a obra en el momento correcto, en la secuencia correcta con la información correcta. Y una vez allí, pueden ser ensamblados por menos personas.

**TECNOLOGÍA****Datos**

La industria de la construcción se ha caracterizado por ser extremadamente opaca y por su falta de medición, recopilación y análisis de datos y, sobre todo, por los silos de información que se han generado entre fases, procesos y los diferentes agentes, así como por la falta absoluta de la gestión de esta información.

Necesitamos convertir a la industria de la construcción en una industria basada y centrada en datos. Una industria que se beneficie de los datos en tiempo real, del análisis predictivo y su aplicación para la toma de decisiones.



Los modelos estimativos del pasado están dando paso a los modelos predictivos que son capaces de anticipar lo que necesitamos saber, de una forma mucho más precisa y que nos permiten tomar decisiones mucho más exactas. Existen muchas fuentes y tipos de datos, pero lo importante aquí es que la construcción se convierta en un flujo continuo y colaborativo de datos entre todos los agentes. Para ello será fundamental generar plataformas digitales que faciliten

la creación de estos ecosistemas abiertos que permitan capturar, procesar y actuar sobre esos datos.

**Plataformas**

La industria de la construcción necesita la creación de plataformas digitales y de colaboración para mejorar la planificación, el flujo de datos, la comunicación y el trabajo colaborativo. Son la piedra angular para la transformación digital y la industrialización de la construcción.

Integrar todas las fases y los agentes de los proyectos, desde el diseño, la licitación, el seguimiento de las obras, el seguimiento de las ofertas, la comunicación, etc., tendrá una ventaja competitiva única: la escalabilidad, verdadera esencia de la industrialización.

Al contrario que en la actualidad, en donde cada fase del proceso constructivo se intenta resolver con una herramienta y con unos datos específicos, la industrialización de la construcción supondrá la creación de plataformas tecnológicas y de software que estarán construidas para albergar diferentes aplicaciones para gestionar las distintas fases, recursos y datos de todo el proceso constructivo y de toda la cadena de suministro.

Industrializar la construcción pasa por la creación de plataformas tecnológicas, plataformas de datos y plataformas de componentes para el desarrollo, diseño, fabricación y montaje de edificios. ■



## INDUSTRIALIZACIÓN

# — Nuevos sistemas de construcción para la creación de espacios habitables en todo el mundo



ESCRIBE:  
**Björn Brandt**

Miembro de la Gerencia General  
Vollert Anlagenbau GmbH

*Ingeniero industrial por la Universidad de Kaiserslautern con más de 15 años de experiencia en la industria de prefabricados de hormigón, incluyendo proyectos de gran envergadura en Europa, Asia, Rusia y Sudamérica. Desde 2013 es Gerente del Área de Sistemas y Tecnologías para la producción de prefabricados de hormigón; En 2019 fue nombrado Miembro de la Gerencia General de Vollert Anlagenbau.*

Los nuevos sistemas de construcción con prefabricados de hormigón producidos industrialmente permiten crear viviendas asequibles para muchas personas en todo el mundo. Las ventajas sobre los métodos de construcción convencionales son múltiples y, al mismo tiempo, una importante máquina generadora de trabajo para muchos países.

La industria de la construcción en África se encuentra en auge. Demanda impulsada por el rápido crecimiento de la población con una clase media que crece aún más rápido y cuya necesidad de vivienda está aún lejos de ser satisfecha. La situación en América del Sur, Rusia, India, China y el resto de Asia es idéntica. Es necesario crear espacio habitable asequible a corto plazo pero de alta calidad, rentable y respetuoso con el medio ambiente.

## SOLUCIÓN A LA ESCASEZ DE VIVIENDAS Y A LOS PROBLEMAS DE CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

Se necesitan nuevos sistemas de construcción para cerrar la gran brecha entre la oferta y la demanda. "Hoy en día, los elementos prefabricados de hormigón se utilizan para construir atractivas viviendas unifamiliares, modernos complejos residenciales y de oficinas, centros comerciales, hospitales y escuelas en todo el mundo", dice Müller-Bernhardt, Director de Ventas para la India, Medio

Oriente y Africa de Vollert. Gracias a los procesos de prefabricación industrializada, este método constructivo permite minimizar las frecuentes fallas de construcción y trabajar con una inversión significativamente menor. Pero lo más importante es que reduce considerablemente los tiempos de construcción. Además, la huella de CO<sup>2</sup> se reduce en un 25% y el consumo de materias primas, agua y hormigón en un 50%. Los nuevos edificios residenciales tienen un excelente rendimiento térmico, son resistentes a la intemperie, al fuego e incluso a los terremotos. Actualmente, no solamente África está dando pasos importantes para introducir esta norma mundial en la tecnología de la construcción. “Vivienda para todos”: Kenia, por ejemplo, tiene previsto construir 500.000 edificios residenciales hasta el 2022.

Los modernos sistemas de encofrado y las soluciones de puesta en marcha permiten, hoy en día, producir muros y losas prefabricadas, incluso con bajos presupuestos de inversión. Las mesas basculantes fijas o los encofrados en batería, encofrados para celdas así como los enco-

frados especiales para componentes estructurales como columnas y vigas son también modelos de arranque interesantes. Contrariamente a la constante preocupación de muchos de que el nuevo método de construcción destruirá puestos de trabajo, el sistema va a convertirse en una verdadera máquina generadora de trabajo. No sólo es mucho más productivo, sino que especialmente al aumentar los volúmenes de construcción en los acabados de interiores, la demanda y la necesidad de personal de construcción aumentará enormemente.

Un ejemplo de esto es el Grupo Starworth, una de las principales empresas de construcción de la India. Después de casi 20 años de especialización y experiencia en la construcción con métodos tradicionales, en los que prácticamente todos los trabajos de construcción se llevan a cabo directamente en el lugar, en el año 2018 reorientó completamente su sistema de construcción. Provident Park Square en el corazón de Bangalore, es un proyecto de construcción que se inició en ese año y fue la señal de partida para confiar en la nueva tecnología de construcción. A partir de octubre de 2021, se ofrecerá a los nuevos propietarios arquitectura de lujo en un entorno de vida único. Park Square se extiende sobre una superficie de 20 hectáreas, tiene óptimas conexiones de transporte y consta de varios complejos de edificios residenciales con apartamentos que van de 48 a 120 metros cuadrados y aplicaciones inteligentes en cada uno de ellos. Una lujosa casa club, un centro comercial, cafés,



Los nuevos propietarios de los parques residenciales de Provident Park Square ofrecerán arquitectura y lujo en un entorno residencial único a partir de octubre de 2021. (fuente: Starworth)

parques infantiles, así como atractivas instalaciones deportivas y aparcamiento ecológico hacen de Park Square una muestra única de la nueva arquitectura urbana de la India. Ya hoy, casi a 1 año de la finalización del proyecto, todos los apartamentos se han vendido completamente.

### 10.000 UNIDADES RESIDENCIALES AL AÑO PARA MEGA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN MALASIA

También en el resto de Asia, el sistema de construcción está cambiando la arquitectura de muchas megalópolis. Malasia es conocida por sus playas, selvas tropicales y su diversidad de culturas y pueblos. La capital Kuala Lumpur combina tradición y modernidad. Casonas señoriales y rascacielos como las famosas torres gemelas de 451 m de altura de las Petronas fascinan a todos los visitantes. A fin de crear un nuevo espacio habitable para la creciente clase media, conservar recursos como el cemento, la arena y el acero, así como reducir la dependencia de los trabajadores extranjeros poco cualificados, Malasia está promoviendo específicamente la prefabricación industrial automatizada de elementos de hormigón. El objetivo del Ministerio de Vivienda de Malasia, de propiedad estatal, es crear más de 200.000 nuevas unidades residenciales para 2020 y, al mismo tiempo, aumentar la productividad de las obras de construcción en un 25%. Ya se han iniciado varios programas gubernamentales de subsidios a la construcción con este fin, como el CITP 2020 (Programa de Transformación de la Industria de la Cons-



Alta tecnología de planta para la producción de hormigón prefabricado en el SII de Gamuda en Malasia

trucción). En este contexto, el gigante de la construcción malayo Gamuda IBS amplió su catálogo de construcción en 2016. “El método de construcción de sistemas con elementos de hormigón prefabricado está cambiando Asia. Queremos ser pioneros en Malasia”, dice Tan Ek Khai, Director General de Gamuda IBS. Piensa en términos de sostenibilidad y reproduce visiones. “Desde el principio, el objetivo era producir más de 10.000 unidades residenciales anualmente para nuestros propios proyectos de construcción, pero también para abastecer a otros promotores inmobiliarios y constructores en Malasia y en todo el sudeste de Asia. Sistema de construcción industrializado (SCI) es un término utilizado en Malasia para un sistema de construcción basado en la tecnología BIM que

permite la producción de una variedad de muros, techos o elementos estructurales de hormigón para los modernos sistemas de construcción arquitectónica. Esto se hace en la mitad del tiempo requerido por el cliente, inicialmente de forma virtual en 3D, antes de la producción industrial en serie utilizando la innovadora robótica CAD/CAM y un alto grado de automatización, que permite el intercambio y la transferencia de información pertinente relativa a los dibujos, las existencias de material, el inventario y la logística. Los detalles de la construcción del BIM son accesibles en cualquier momento en una plataforma de datos digitales para arquitectos, ingenieros especialistas en la estática o ingenieros eléctricos.

Las celdas prefabricadas se vienen utilizando cada vez con más frecuencia en la industria de la construcción mundial. Completamente premontadas con accesorios interiores e instalaciones sanitarias y eléctricas, pueden ser instaladas directamente en el lugar como una estructura autoportante. El especialista finlandés en materiales de construcción Rakennusbetoni- ja Elementti, por ejemplo, amplió su capacidad de producción de módulos sanitarios prefabricados en serie en el 2018. El encofrado para celdas modulares de alto rendimiento asegura superficies de alta calidad y herméticas. La instalación de los baños se realiza en corto tiempo, ya que los equipos eléctricos y sanitarios se encuentran premontados. Para la fabricación de los prototipos en serie se utiliza un nuevo encofrado en batería de ángulo L, así como un encofrado para celdas.

### ANTISÍSMICO Y VARIABLE: INNOVACIONES EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Actualmente, la aplicación económicamente eficiente de modernos sistemas de construcción en zonas con alto riesgo sísmico sienta también nuevas tendencias en el



*Las celdas prefabricadas son una fuerte tendencia en la industria de la construcción mundial*

mercado. Un sistema de construcción desarrollado por el promotor inmobiliario BauMax junto con la empresa de ingeniería Sirve SA y el fabricante de plantas alemán Vollert está conquistando el campo de la construcción en Chile. “Desde la producción de los primeros prototipos

en Alemania hasta el posterior montaje final en Chile, se ha logrado mucho con la participación de arquitectos, diseñadores, planificadores y especialistas. Hoy en día, podemos producir muros y techos antisísmicos en forma automática en un corto período de tiempo”, dice satisfecho Sebastián Lüders, Director Técnico de BauMax.

*El sistema de construcción MOTUS con losas alveolares pretensadas antisísmicas ofrece una nueva diversidad arquitectónica*

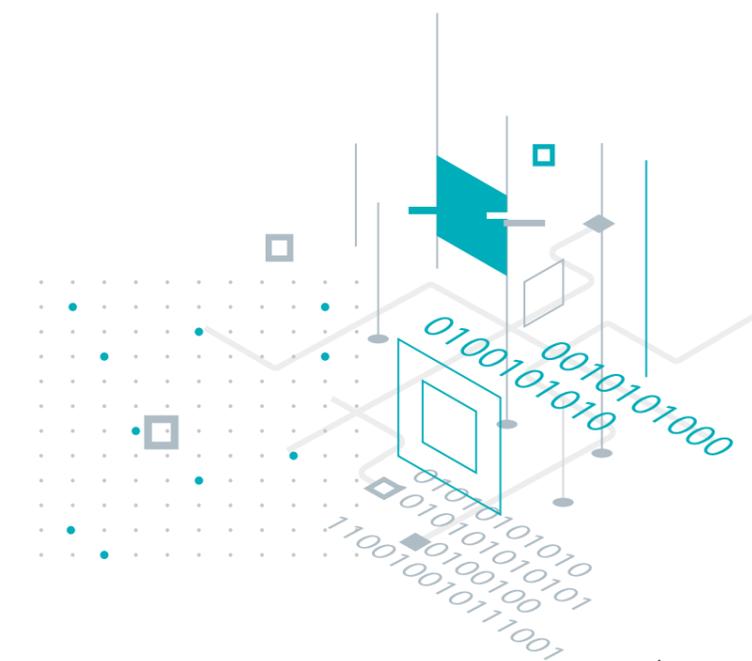
Después de completar con éxito la primera urbanización con casas de exhibición de este tipo, el Grupo BauMax está ahora comenzando la producción en serie de los nuevos modelos.

Presentado en bauma 2019 y galardonado con el Premio a la Innovación en Componentes de Hormigón en febrero de 2020, un sistema de construcción antisísmico

con losas alveolares pretensadas se viene estableciendo actualmente en el mercado. Los elementos alveolares del nuevo sistema de construcción MOTUS ya no se producen mediante el proceso de fabricación por extrusión o deslizamiento, sino por el principio de circulación de bandejas. Cada losa alveolar se fabrica exactamente de acuerdo a la geometría y dimensiones deseadas, en lugar de tener que cortar el elemento sin fin después del hormigonado para adaptarlo a la obra. Se eliminan los costos de aserrado así como los costos de desecho por recortes residuales. Las mallas electrosoldadas y los refuerzos de unión permiten el montaje con resistencia antisísmica del elemento alveolar en el sitio. La absorción de la fuerza de tracción en todos los lados aumenta significativamente la capacidad de carga. Para este propósito se prolonga en la longitudinal el alambre de tensión y en los lados, refuerzos adicionales para lograr una unión a presión de los elementos de techo. Además, se pueden lograr anchos de techo mucho mayores. Los generadores de los alveolos sólo se insertan temporalmente durante el proceso de hormigonado y el número y la geometría de éstos pueden ajustarse de manera extremadamente flexible. También se pueden insertar cajas para conexiones eléctricas, agua o ventilación o piezas especiales. Para los ingenieros encargados de la estática y de la gestión de abastecimiento en la construcción, se abren completamente nuevas posibilidades comparadas a las aplicadas usando los sistemas hasta ahora conocidos. ■

LIBRO BLANCO SOBRE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

# Transformación Digital\_





## CONSTRUCCIÓN 4.0

# — La digitalización de los procesos en Industrialización de la construcción: una revolución que ya no espera

¿Qué significa que pasemos de un sistema de construcción “tradicional” a uno industrializado? Cuando cambiamos los procesos y la forma de producir las casas, las escuelas u otros equipos que tenemos en mente como hospitales, residencias, ... hay variables que dejan de serlo, por ejemplo: el tiempo de ejecución, el ahorro de costes, los accidentes laborales, la sostenibilidad del proyecto, la mejora en la calidad entregada, etc.

**S**e nos presenta entonces un nuevo paradigma que viene a sustituir uno tradicional, ya agotado y de poco recorrido para los nuevos tiempos: la revolución 4.0 en el sector constructor-inmobiliario.

Esta Revolución 4.0, supone la combinación de la automatización a través de las nuevas tecnologías y el

intercambio de datos a través del Big Data y el Cloud Computing, con el objetivo de mejorar la eficiencia de los procesos productivos y de gestión dentro de una organización.

El último Barómetro sobre la Madurez Digital en España publicado por Divisadero —propiedad del grupo Mer-



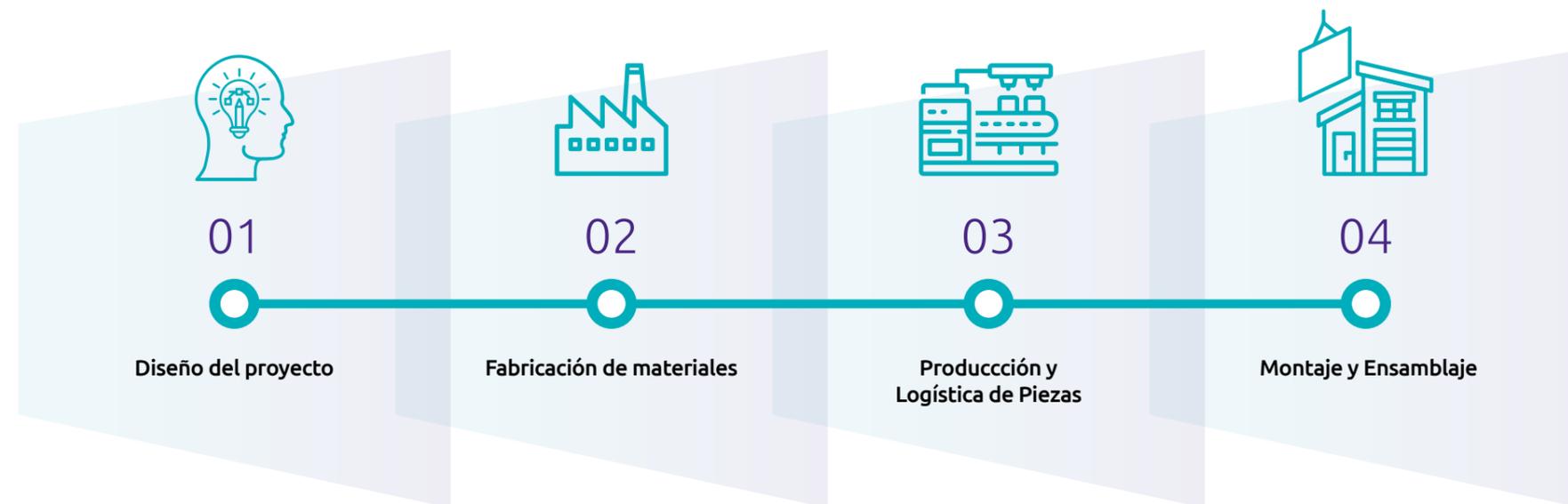
**ESCRIBE:**  
**Juan J. González González**  
 Director General Planificación y Organización Corporativa

*Ingeniero Técnico de Obras Públicas por la Universidad Politécnica de Madrid y Máster en Project Management por la Universidad George Washington. Experiencia en planificación, control económico, organización, gestión de proyectos y sistemas de información en áreas de ingeniería, construcción, inmobiliaria, consultoría y servicios.*

kle— ha decidido incorporar, por primera vez, al sector de la construcción en su análisis, al que define “como un entusiasta digital pero aun con ciertas salvedades”. De hecho, según este mismo estudio, la construcción es el segundo sector de toda España “que más valora la transformación digital como palanca de cambio.”

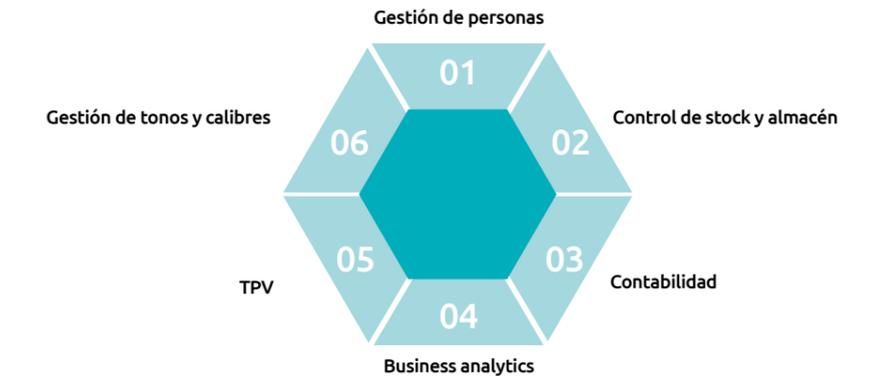
Una de las premisas en referencia a la Industria 4.0 en el sector de la construcción es la industrialización de los procesos constructivos. Esto significa transformar la concepción de la obra como una fábrica y los procesos constructivos como procesos productivos que industrializar para, posteriormente, incorporar las tecnologías.

La reciente incorporación de sistemas de construcción industrializada, la integración de la metodología BIM (por sus siglas en inglés, Building Information Modelling) o la introducción de sistemas propios que permiten automatizar procesos son algunos de los hitos que han permitido introducir a la construcción en la rueda digital. Sin embargo, la digitalización va mucho más allá. No hay que entenderla como una mera conversión de los procesos, sino como la necesidad de incluir ciertos elementos nuevos en el propio ADN de las empresas para anticiparnos y liderar un sector que aún tiene mucho por hacer.



El proyecto de construcción típico involucra una multitud de subcontratistas y proveedores independientes, que tienen pocos incentivos para adoptar nuevos métodos durante los breves períodos en que están en el trabajo. Los proyectos varían mucho, por lo que las constructoras a menudo luchan por desarrollar herramientas y métodos que puedan aplicar repetidamente. Es importante tomar en cuenta que la fábrica requiere de una serie de procesos de soporte y control para garantizar su eficiencia y aportación de valor a la compañía, así como el logro de los objetivos establecidos y resultados esperados.

La industrialización de la construcción supone un alto nivel de organización, tecnología y sofisticación en el trabajo de construcción e instalación y requiere formas organizativas progresivas de gestión de la construcción (incluida la consolidación y especialización de las orga-



nizaciones de construcción e instalación, cooperación y combinación, y asociaciones multifuncionales para la construcción y la planificación).

La introducción de sistemas de control automatizados que utilizan métodos económicos y tecnología informática, ofrecen grandes oportunidades para mejorar la planificación y la gestión en la construcción y en la producción de materiales de construcción, ensamblajes y piezas.

Lograr la integración de todos estos procesos de trabajo en un ecosistema tecnológico integral, y con los datos generados desde el propio proceso, es esencial para organizar la información a través de la cual desarrollar un proceso de toma de decisiones más rápido, preciso y acertado para la actividad productiva.



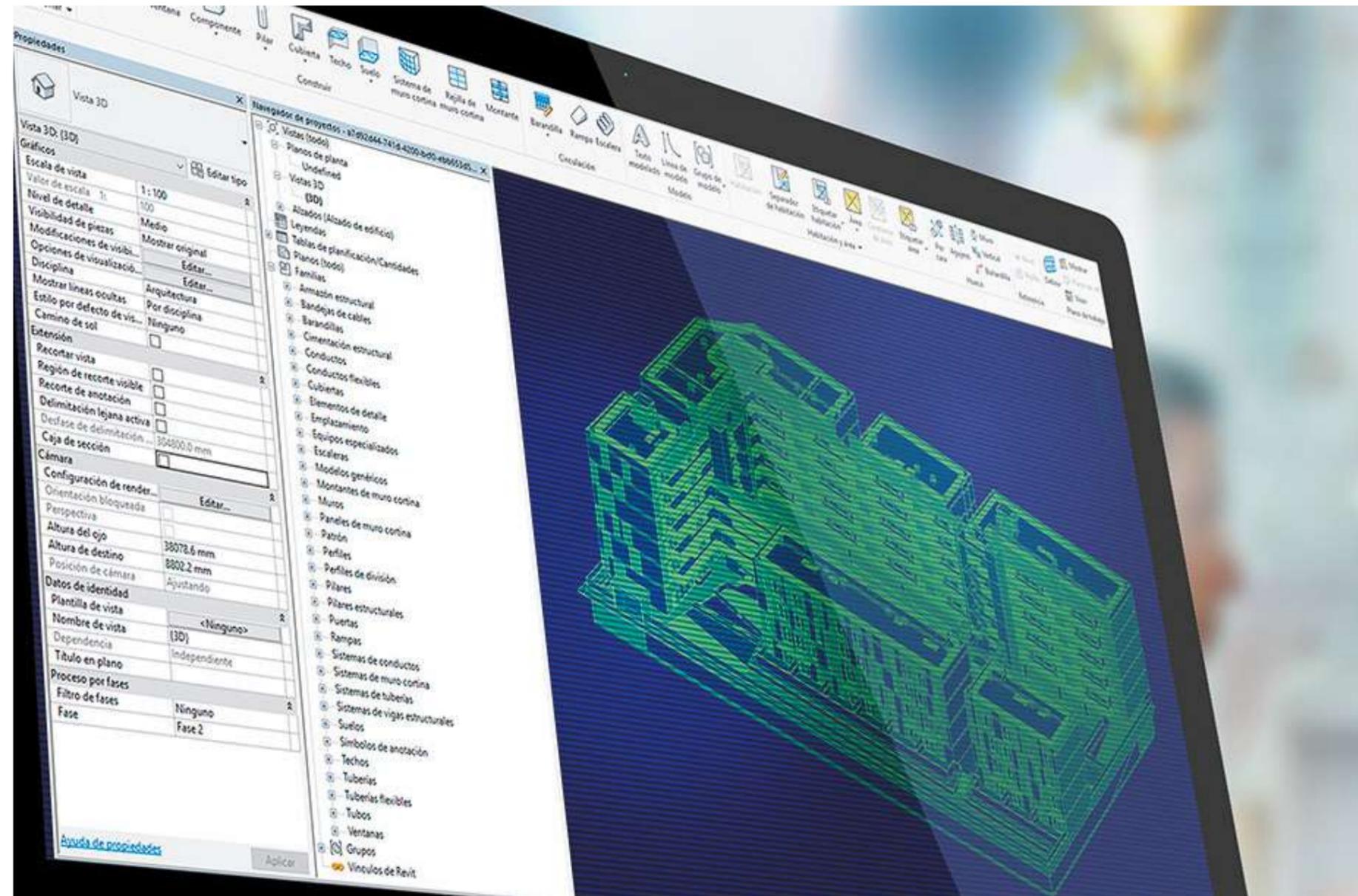
## NUEVA CULTURA INTERNA

La digitalización no solo significa incorporar tecnología. Significa también cambiar la cultura interna de una organización de principio a fin, pero también de todos los que forman parte de la cadena de valor del ciclo constructivo. Constructores, promotores, inmobiliarias, instaladores, administraciones públicas, proveedores energéticos, fabricantes. Todos somos partes de la cadena y, como eslabones de ella, debemos sentir la necesidad de innovar e invertir en desarrollo, y más cuando tecnología y desarrollo son prácticamente sinónimos en la actualidad.

No es posible catalogar esta revolución 4.0 como una moda pasajera, las tecnologías evolucionan a velocidad imparable en la medida que es requerida su incorporación en las industrias, la mayoría de los sectores productivos nos encontramos embarcados en este proceso y sobre todo cuando en el mundo casi el 100% de sus operaciones se basa en las tecnologías: comunicaciones, información, transacciones bancarias, llegando inclusive al uso del dinero digital, para el 2019.

La transformación digital requiere inversión. No solo porque es parte del negocio sino también porque es la única manera de actualizarse y conseguir agilizar actividades en pro de la productividad y eficiencia operativa.

Comenzar un proceso de transformación digital no es hacerse con los últimos equipos tecnológicos, es un complejo proceso que implica y afecta de manera transversal a toda la organización. Potenciar el talento interno con formación para los diferentes equipos en las últimas tendencias, analítica y disciplinas digitales que puedan favorecer su ejecución diaria. La formación para la dirección en transformación digital también es necesaria para dotar a los directivos de una visión actualizada de los nuevos modelos de negocio digitales, para saber cómo poder abordar al nuevo consumidor y cómo liderar el cambio. ■



**ESCRIBE:**  
**Lorena Alonso Fernández**  
 Directora de la Oficina Técnica de estudios de Grupo Avintia

Arquitecta por la Universidad Politécnica de Madrid y Máster en Project Management por la Universidad Europea de Madrid. Responsable de implantación y coordinación de la metodología BIM en Grupo Avintia. Experiencia en el sector elaborando y desarrollando proyectos en las diferentes fases del mismo.

## METODOLOGÍA BIM

# El uso de la metodología BIM en la construcción industrializada

A lo largo de la historia hemos vivido diferentes revoluciones industriales, la **Primera Revolución Industrial** tuvo lugar en el siglo XVIII y desencadenó un proceso de transformación económico, social y tecnológico marcando un punto de inflexión en la historia, la producción se multiplicó al mismo tiempo que se disminuía el tiempo de producción. Todo ello fue posible gracias a la sustitución de la mano de obra manual y uso de tracción animal por maquinaria impulsada y promovida por la máquina de vapor.

## COMIENZA LA MECANIZACIÓN DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES.

Entre 1870 y 1914 se produce la **Segunda Revolución Industrial** centrada esencialmente en las nuevas fuentes de energía (el gas, petróleo y la electricidad) el transporte (avión y automóvil) y comunicación (teléfono y radio). Todo ello provocó una transformación en cadena que afectó al trabajo, a la forma de organización del trabajo y hasta la política, estamos ante la primera globalización, los mercados se abren gracias a los transportes y se internacionaliza la economía y relaciones empresariales.

### GRACIAS A LA ELECTRICIDAD EMPIEZAN A MONTARSE LAS PRIMERAS CADENAS DE MONTAJE EN LA PRODUCCIÓN.

Todo esto forma parte del pasado, actualmente nos encontramos en un mundo mucho más tecnológico donde priman las energías renovables, el mundo de las comunicaciones, las redes digitales, el Big Data, IoT, en definitiva el uso de los datos. Podríamos decir que los datos son el petróleo de nuestra Era, estamos ante la Tercera y Cuarta Revolución que van unidas casi de la mano.

Sin embargo, el mundo de la construcción no avanza al mismo ritmo que el resto de las industrias, esto es muy visible en otras áreas como la comunicación, la automoción, la aeronáutica donde todo avanza a pasos agigantados. Nadie se imaginaría hoy en día comprándose un coche sin aire acondicionado o un móvil sin internet, es decir...sin datos. ¿Cómo es posible entonces que la construcción siga siendo una industria basada en la mano de obra?

Esto lo resume muy bien Roger Van Oech (experto en innovación) en su frase:

“No es posible resolver los problemas de hoy con las soluciones de ayer”

La construcción podría incrementar notablemente su productividad si adquiere un estilo de producción similar a la de la industria manufacturera y hace su transición tecnológica hacia la automatización y el uso de los datos como herramienta. **La Construcción 4.0 se basa en dos pilares, la industrialización de los procesos constructivos y la incorporación de tecnologías emergentes.**

Precisamente en este punto es donde el **BIM** adquiere un papel importante dentro de la construcción industrializada como herramienta tecnológica de gestión de datos. El BIM (Building Information Modeling), también llamado modelado de información para la edificación, es el proceso de generación y gestión de datos de un edificio durante su ciclo de vida utilizando software dinámico de modelado de edificios en tres dimensiones y en tiempo real, para disminuir la pérdida de tiempo y recursos en el diseño y la construcción.

En este punto **“los datos”** es donde encontramos la principal diferencia entre la forma de trabajar ya más propia del pasado, el CAD, y la metodología presente el BIM.

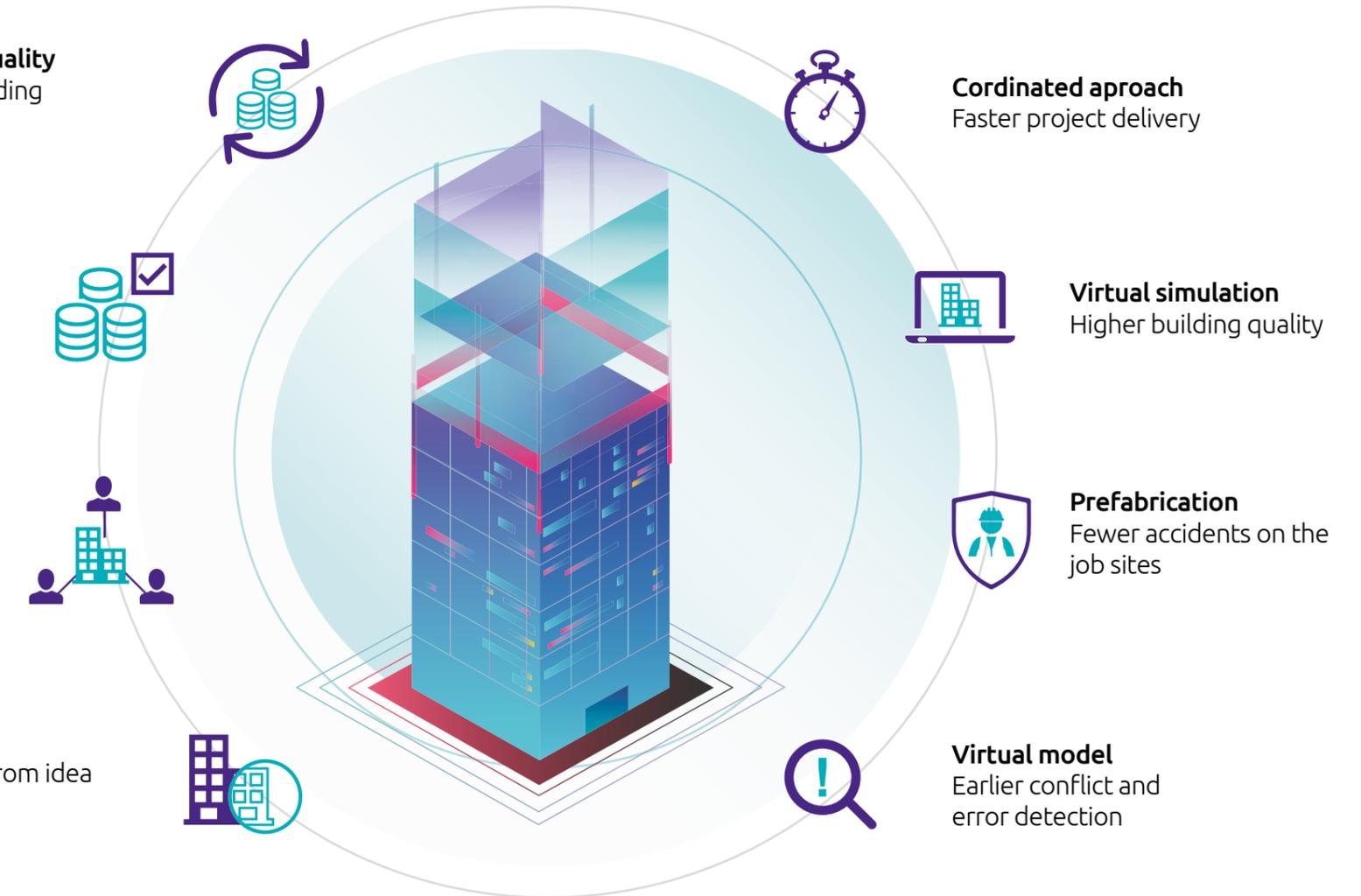
CAD es una herramienta de dibujo para crear geometría básica que represente el mundo real, mientras que una herramienta como Revit, dentro de la Metodología BIM se usa para crear geometría que contiene información real.

**Better data Quality**  
Lifecycling building management

**No change Orders**  
Budget reliability

**Collaborative design**  
Higher building functionality

**No data loss**  
Transparency from idea to rebuild



Un entorno BIM implica interoperabilidad e intercambio de información que se traduce en agilidad en la gestión de procesos tan básicos como cambiar el diseño de una ventana en un edificio, el proceso en CAD implicaría la modificación en todas las vistas donde se encontrase esa ventana, plantas, alzados, etc. el proceso en BIM solo conlleva modificarla en el modelo y automáticamente se actualiza en todas las vistas. Con los datos incluidos en el modelo podemos generar tablas de planificación sobre cualquier dato que necesitemos conocer del edificio, esto con una herramienta del pasado como CAD no es posible, porque no gestiona datos, solo dibujos.

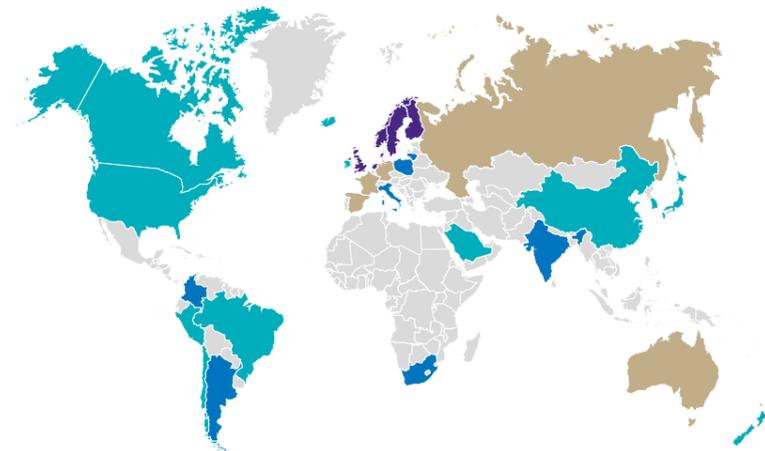
El uso de los datos en la construcción nos sirve para anticiparnos a los problemas, para coordinar diferentes disciplinas bajo un único modelo, evitando la pérdida de datos y la descoordinación de las diferentes áreas. El BIM tiene el foco en el trabajo colaborativo donde pueden trabajar varias personas al mismo tiempo usando y compartiendo datos, optimizando la cadena de valor, los recursos y el flujo de información. Una vez terminada la fase de diseño, el modelo se sigue alimentando de datos introduciendo la planificación y el control de costes en fase de producción. El modelo puede estar alimentado de tantos datos como sean necesarios cerrando el ciclo de vida completo del proyecto y sirviendo para el mantenimiento posterior del edificio en su fase final.

En una construcción industrializada no cabe espacio a la improvisación en obra, todo debe estar estudiado y solucionado antes de la fabricación. Los elementos llegan a la obra ya terminados.

### BIM SE PRESENTA COMO LA HERRAMIENTA TECNOLÓGICA QUE ES CAPAZ DE ADAPTARSE A LAS NECESIDADES GENERADAS EN UN ENTORNO MÁS INDUSTRIAL.

Es por ello que en el mundo de la construcción no se pueden seguir haciendo las cosas “como siempre se han hecho” es necesario evolucionar, avanzar y adaptarse a un mundo más tecnológico.

- Uso Habitual de BIM
- Uso BIM Obligatorio en Proyectos Públicos
- Uso Obligatorio Previsto en Proyectos Públicos
- Uso incipiente de BIM



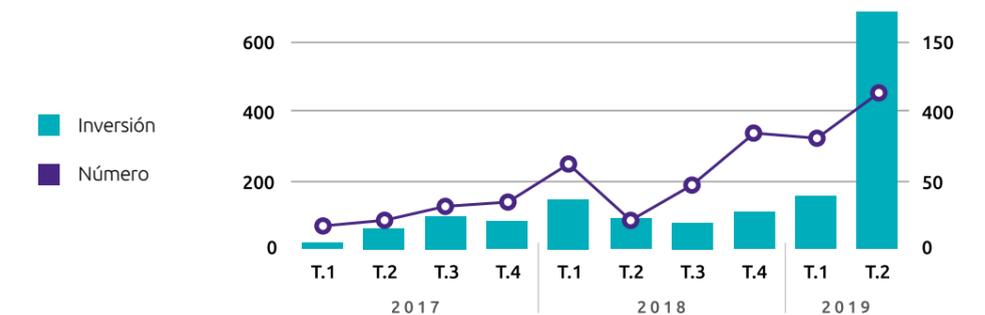
### DENTRO DE LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA EL BIM NO ES UNA OPCIÓN SINO UNA NECESIDAD.

Por eso no es de extrañar que en países donde los procesos de construcción industrializada están más extendidos la implantación de la metodología BIM está también más avanzada que en países como España.

En España la implantación del BIM se está impulsando más desde el sector público que desde el sector privado, de hecho ahora mismo ya existen dos normativas que apoyan el uso de Metodología BIM en licitaciones públicas: la primera de ellas, la DIRECTIVA 2014/24/ UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2014 que en el Artículo 22.4 establece que “Para contratos públicos de obra y concursos de proyectos, los Estados miembros podrán exigir el uso de herramientas electrónicas específicas, como herramientas de diseño electrónico de edificios o herramientas similares (haciendo alusión al uso de herramientas BIM). La segunda, en agosto de 2015 el Ministerio de Fomento creó la “Comisión BIM” la cual estableció una hoja de ruta que convertiría en obligatorio el uso de la tecnología BIM para las licitaciones públicas, dividiéndolo en dos fases:

- > **1º Fase: 17 de diciembre de 2018:** para Licitaciones Públicas de Edificación.
- > **2º Fase: 26 de julio de 2019:** a partir de esta fecha para Licitaciones Públicas de Infraestructuras.

En el siguiente gráfico podemos ver el crecimiento en España y evolución trimestral de la inversión y número de licitaciones públicas con requisitos BIM.



Podemos concluir asegurando que la Innovación es la única ventaja competitiva realmente sostenible en el tiempo y por ello debemos apostar en el mundo de la construcción por procesos constructivos más innovadores como es la construcción industrializada y Metodologías de trabajo más avanzadas y adaptadas a los nuevos tiempos como es el BIM.

**Podemos y tenemos la obligación de hacer las cosas mejor. ■**



**ESCRIBE:**

**Carmen Chicharro**

Directora Comercial, Marketing e Innovación en Metrovacesa

*Licenciada en Administración y Dirección de Empresas por ICADE y la Universidad de Vermont, cuenta con formación en Transformación Digital en ISDI y PDD de Transformación Cultural y Liderazgo en Deusto Business School. Directora Comercial, Marketing e Innovación de Metrovacesa, cuenta con más de dieciocho años de experiencia en puestos directivos relacionados con la innovación, transformación organizacional y estrategia de personas. Lidera desde su creación la Comisión de Innovación y Talento, y la vertical de Real Estate y Talento, y ha diseñado e implementado modelos de innovación con startups en el ámbito Fintech, Proptech y Blockchain.*

— **VISIÓN**

## Blockchain en el sector inmobiliario

En un periodo de tiempo relativamente breve, hemos sido testigos de cómo la tecnología blockchain se ha extendido a múltiples sectores de nuestra economía -especialmente en aquellos ámbitos más tecnológicos y con una penetración importante de la digitalización-, pero también en otros sectores donde, de primeras, considerábamos mucho más complicada su implantación, como es el caso del sector inmobiliario.

La aplicación y uso de blockchain en el sector inmobiliario ha supuesto una revolución en sí misma que, además, abre todo un mundo de nuevas oportunidades hasta ahora desconocidas o no planteadas, como el uso de esta tecnología en la construcción industrializada. En los últimos años hemos visto como en el campo del real estate, todos los profesionales y expertos en este ámbito llegamos al consenso y la conclusión de que los pilares sobre los que se asienta este nuevo ciclo del sector han de pasar por la innovación, la industrialización y la sostenibilidad.

Esta tecnología va mucho más allá del conocido Bitcoin u otras criptomonedas que han ido surgiendo en estos últimos años dentro de nuestras economías. El blockchain se basa en la inmutabilidad, la trazabilidad, la descentralización, la transparencia y la veracidad de los datos. Estas, que son sus grandes características, hacen de este servicio o conjunto de tecnologías, un activo muy atractivo para las compañías del sector inmobiliario hoy en día y es que la tecnología blockchain, por ejemplo, hace posible realizar una transferencia de un valor o activo desde cualquier lugar y sin la intervención de terceros. Esto es posible gracias a los bloques que componen blockchain (como su propio nombre indica, cadena de bloques). En el interior de estos bloques se almacena la información codificada de cada transferencia que, una vez dentro, ya no puede ser alterada o elimina-

da. Su principal característica es, por tanto, la fiabilidad y seguridad que ofrece a nuestros clientes y la mejora de los procesos de compra de una vivienda, mucho más rápidos, sencillos y seguros.

Tradicionalmente, las operaciones del sector inmobiliario han involucrado numerosos compromisos entre varias partes y un considerable volumen de información a contrastar,

*El blockchain se basa en la inmutabilidad, la trazabilidad, la descentralización, la transparencia y la veracidad de los datos.*

procesos burocráticos lentos, participación de diferentes actores y un largo etcétera. Con la llegada del blockchain, cada vez parece más real la posibilidad de crear una divisa digital que represente una vivienda. Esto permitiría comerciar de manera simbólica con activos inmuebles de la misma manera que hoy día lo hacemos con criptomonedas, sabiendo que quedará registrado de manera segura. La posibilidad

### MÉTODO TRADICIONAL



### CONTRATO INTELIGENTE



de realizar transferencias de un valor o activo con total seguridad, máxima transparencia y que además no requiera de la intervención de terceros, supone todo un cambio en el paradigma de la compra-venta o inversión en una propiedad. Con el desarrollo de esta tecnología es posible que estemos asistiendo a una de las mayores transformaciones

una estrategia que debía implicar la digitalización de procesos, mejorar el modelo de relación con nuestros clientes y generar un nuevo canal de distribución. Esto ha supuesto un gran esfuerzo por parte de todos, pero la adaptación de esta tecnología al sector inmobiliario dará lugar, entre otras cosas, a la creación de un canal que permita a com-

#### BENEFICIOS DE BLOCKCHAIN PARA LA INDUSTRIA INMOBILIARIA



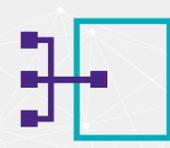
Facilidad en la búsqueda de propiedad



Mejora de las comprobaciones previas a la compra



Reduce la necesidad de intermediarios



Proporciona contratos de propiedad inteligentes



Transacciones seguras



Reduce la entrada de la inversión inmobiliaria



Convierte bienes inmuebles en un activo líquido

de las últimas décadas en el sector inmobiliario. La aplicación de la tecnología blockchain en el sector trae consigo grandes retos para compañías como Metrovacesa. Cuando decidimos adoptar su uso como acelerador de proyectos de innovación, nos vimos en la necesidad de crear

pradores y vendedores conectar entre sí. Además, esto ha dado lugar a una nueva infraestructura denominada Cripto Vivienda o Digital Real Estate Assets, donde, muy probablemente, asistiremos a un incremento de las transacciones de bienes inmuebles impulsadas por la transparencia, segu-

ridad, inmutabilidad y por encontrarse a un solo clic, que garantiza blockchain.

Esta nueva forma de operar no es más que la respuesta que queremos dar desde el sector a la necesidad de mejorar a nivel de eficiencia, calidad y trato con el cliente, mediante la innovación.

Otro de los elementos clave en esta nueva etapa del sector inmobiliario, la industrialización, también responde a esta

*“...la tecnología blockchain en la industrialización de viviendas puede llevarse a cabo mediante la creación de los denominados ‘contratos inteligentes’.”*

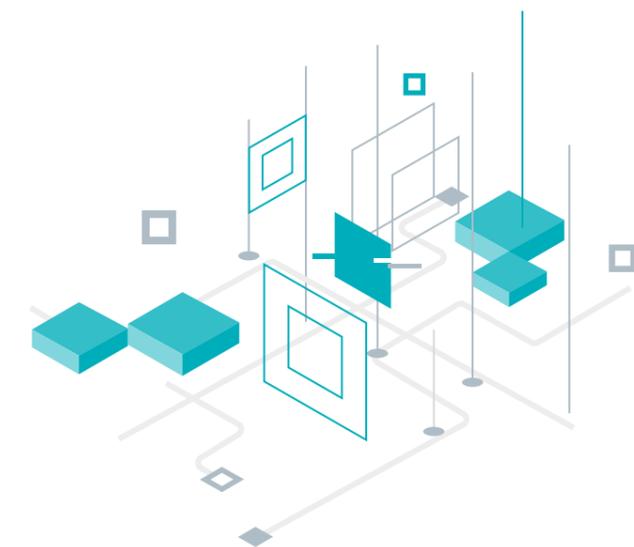
necesidad. El sistema de fabricación por módulos de las diferentes partes de un edificio en naves industriales, para su posterior montaje en otra localización, permite acortar los plazos de entrega de una vivienda, garantizar altos niveles de sostenibilidad y seguridad e incrementar la precisión sobre la que se asientan estos proyectos.

El concepto de construcción industrializada va un poco más allá de la estandarización y prefabricación ya que implica

un cambio de mentalidad y de paradigma en el sector. La industrialización es un trabajo en equipo y colaborativo aplicado en el que promotores, arquitectos, fabricantes, constructores y demás players se coordinan para mejorar el proyecto, los tiempos, costes y la calidad del producto. Este cambio de metodología debe ir acompañado de la solución de numerosos retos que no quedan del todo solucionados por el mero hecho de compartir información de proyecto y desarrollarla de manera conjunta. En ese sentido, la aplicación de la tecnología blockchain en la industrialización de viviendas puede llevarse a cabo mediante la creación de los denominados ‘contratos inteligentes’. Similar a las transferencias de un valor o activo, este tipo de contratos se ejecutan una vez que cada una de las partes involucradas hayan cumplido con una serie de condiciones estipuladas en el citado contrato. El cumplimiento de estas condiciones, sin necesidad de involucrar a terceras partes, se puede registrar a través de un sistema incorporado en el contrato digital. De esta manera, se reducirían al mínimo los posibles problemas de ejecución, los costes derivados de intermediarios, etc. La posibilidad de implementar la tecnología blockchain en la industrialización es un gran paso más para el avance del sector inmobiliario hacia la nueva era en la que está inmerso, para establecer un entorno transparente y automatizado ayudando a optimizar e integrar todo el flujo de trabajo de la cadena de valor del sector. ■

LIBRO BLANCO SOBRE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

# Nuevo Modelo, Nuevas Perspectivas\_





Fachada tipo industrializada para vivienda de alquiler asequible

## BUILD TO RENT

# Del porqué del auge del BTR y cómo puede impulsarlo la construcción industrializada



ESCRIBE:  
**Roberto Campos**  
Director General de  
Avintia Inmobiliaria

*Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Madrid. Inició su carrera en edificaciones singulares y Project Mangement, alternándolo con la docencia en la UPM. Lleva 20 años en el sector inmobiliario dirigiendo compañías del ámbito promotor residencial y gestión de activos. Desde 2012, es Director General de Avintia Inmobiliaria, con más de 5.000 viviendas entregadas en España.*

España es un país de modas, el sector inmobiliario no es ajeno a ellas pero, ¿el auge que estamos viviendo de la vivienda de alquiler obedece a una moda o realmente estamos ante un nuevo producto y ciclo inmobiliario?

**E**n el Real Estate parece que está todo inventado, llevamos siglos haciendo lo mismo, la vivienda en alquiler no es nueva ni es la primera vez que se convierte en la protagonista del sector inmobiliario. Llevaba tiempo pidiendo su hueco en el sector y ahora en un mercado post-covid parece que incluso es una prioridad para las administraciones públicas. Analicemos el mercado inmobiliario para obtener conclusiones a este respecto:

- Los indicadores señalaban ya incluso en septiembre del año pasado que los precios de venta de obra nueva habían alcanzado ya los límites de este ciclo.
- Gran parte de la demanda es incapaz de acceder a su primera vivienda o a rotarla en los márgenes anteriores y más ahora en un panorama de incertidumbre como en el que nos encontramos.
- Esta demanda no satisfecha, que no puede acceder a la com-

pra, en parte se dirige al alquiler (actualmente el sobre apalancamiento bancario no es posible, hemos aprendido la lección de la crisis pasada). Como consecuencia directa, el alquiler lleva viviendo un periodo inflacionista importante sobre todo en el último año, y sobre todo en grandes ciudades.

- La vivienda protegida es inexistente puesto que los costes de construcción hacen que no sea rentable su promoción y no ha habido ayudas por parte de las instituciones en este sentido.
- Los costes de construcción, además de ser elevados, crecen de forma desigual por regiones y tipologías, por lo que son

difíciles de prever en los planes de negocio. Actualmente, tras el covid, ¿podemos asegurar que bajarán los precios de construcción?, ¿Cuánto? Seguimos estando en una zona de clara incertidumbre.

- La falta de mano de obra cualificada hace que fallemos en los costes, en los plazos de entrega y sobre todo en la calidad de lo que se construye.

- Además de todo esto, debemos asumir de forma enérgica que un cambio de mentalidad ha venido para instalarse en nuestra sociedad, y no sólo en los

jóvenes. Es de esperar que grandes cambios sociológicos se implanten en nuestra forma de vida tras pasar un periodo único y radical como el que hemos sufrido.

La nueva demanda emergente entiende la vivienda como algo eventual y deslocalizado, encuentra en el alquiler su forma de vida ideal.

De todo esto surge el escenario adecuado para el auge que vivimos del Build to Rent (BTR). No es una moda, es una realidad. Pero no nos quedemos ahí, profundicemos algo más. ¿Realmente con los costes de suelo actuales, en las ubicaciones idóneas para el alquiler y los costes de obra convencionales creemos que hay margen para el BTR tal y como lo entendemos en vivienda libre?, además, ¿Es viable reconvertir proyectos destinados a la venta en alquiler y salir airoso con nuestros inversores? En mi opinión, lo tenemos complicado. Llegamos al concepto que realmente queremos transmitir como una de las soluciones posibles a la situación actual del mercado del alquiler y es el BTR, sí, pero de vivienda “Asequible”. Vamos a entrar de lleno, por tanto, en las posibilidades que tenemos reales de desarrollo de este producto inmobiliario.

### SIN LA INTERVENCIÓN DE LAS INSTITUCIONES PÚBLICAS, NINGUNO. ASÍ DE SENCILLO.

Dos son las claves para el éxito de este producto, y las dos tienen que ver con los costes. El suelo y la obra. Los ingresos son sencillos, siempre que hablemos de “asequible” debemos pensar que va dirigido a la clase media que sustenta el país, por encima de los precios de vivienda protegida y por debajo del mercado actual. Pero ¿qué hacemos con el suelo y la obra?

Vamos a hablar por tanto de la intervención de las administraciones, ya sean municipales, autonómicas o estatales. Tienen dos posibilidades para intentar solventar el problema de la vivienda en alquiler: intervenir directamente en el mercado privado regulando los precios de alquiler libre,

(nos encontramos casos con resultados nefastos en este sentido como la ley Mietpreisbremse aprobada en Alemania en 2015 y que provocó un efecto contrario con la retirada de la oferta por parte de los privados ante el miedo a la sobre legislación y por tanto creando una subida de precios paralela a la oficial), o regular precios del mercado libre gestionando el patrimonio público, poniendo más vivienda en el mercado, aprovechando el patrimonio de las adminis-



traciones.

Obviamente, creemos firmemente en lo segundo. No hay nada más efectivo que poner a disposición del mercado viviendas reguladas, sobre patrimonio público, para que el patrimonio privado experimente un aterrizaje suave y adecuado a las nuevas circunstancias del mercado, mayor oferta. Por tanto, Sí a la intervención de las administraciones públicas, pero solventando el primero de los problemas: el suelo.

### SUELOS DEMANIALES (CONCESIONES) Y SUELOS PATRIMONIALES PÚBLICOS (DERECHOS DE SUPERFICIE) EN POSESIÓN DE LAS ADMINISTRACIONES PÚBLICAS COMO SOLUCIÓN AL PRIMERO DE NUESTROS PROBLEMAS.

Las administraciones poseen suelos destinados a dotaciones públicas, procedentes de cesiones normalmente, en las mejores ubicaciones si hablamos del alquiler y muchos de ellos en desarrollos urbanísticos donde tienen cubiertas todas las necesidades de equipamiento, ya sea deportivo, educativo, etc. ¿No es una necesidad para los vecinos de un municipio el poder tener acceso a una vivienda?, ¿no sería lógico que, en zonas donde tienen cubiertas las necesidades básicas de servicios, se pudieran desarrollar viviendas en régimen de alquiler a precios asequibles y que después de un periodo de concesión retornara el activo de nuevo a la administración para seguir dándole uso al servicio de sus ciudadanos?

La garantía constitucional del disfrute de una vivienda digna y adecuada, como responsabilidad compartida de todos los poderes públicos, se ha venido procurando durante los últimos años mediante distintas políticas sociales. Su artículo 47 recoge expresamente que “Todos los españoles tienen derecho a disfrutar de una vivienda digna y adecuada. Los poderes públicos promoverán las condiciones necesarias y establecerán las normas pertinentes para hacer efectivo este derecho. La comunidad participará en las plusvalías que genere la acción urbanística de los entes públicos”.

Existen mecanismos urbanísticos y legislativos suficientes, como

así además lo están promoviendo en muchos ayuntamientos, que pueden y deben proveer de suelo a este tipo de iniciativas público-privadas enfocadas a la vivienda en régimen de alquiler.

### LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA, SOLUCIÓN A NUESTRO SEGUNDO PROBLEMA

Resuelto el primer problema por tanto del suelo, poniendo

mente tenemos, los que vienen recogidos en el nuevo CTE, además de la responsabilidad social corporativa que, como promotores tenemos, hace que, en un entorno como el actual, la construcción tradicional al igual que los suelos libres privados mantengan el BTR fuera de márgenes en términos de rentabilidad y plazos.

En un entorno como el descrito anteriormente, el segundo de los problemas sólo puede ser resuelto, en nuestra opinión,

LA SOLUCIÓN HABITACIONAL INDUSTRIALIZADA DE VIVIENDA ASEQUIBLE Y SOSTENIBLE



a disposición de los agentes privados los suelos públicos en concesión o mediante derechos de superficie, deberíamos ser capaces de atajar los costes de obra.

Los estándares de calidad y sostenibilidad global que actual-

bajo el paraguas del proyecto y construcción industrializada. Entendemos el BTR actualmente viable bajo el prisma de una construcción industrializada de calidad. En fábrica la mano de obra cualificada necesaria es eminentemente menor, los cos-

tes de obra se mantienen constantes y sólo son susceptibles a las fluctuaciones en los materiales, eminentemente menores que las fluctuaciones que sufrimos en la mano de obra en la construcción tradicional, una reducción de plazos que lógicamente redundará en una pronta puesta en carga del activo y por último y más importante la necesidad absoluta de diseñar, desde el proyecto, productos específicos para el BTR. Debemos

industrializar desde el proyecto, sus volúmenes, materiales, calidades y soluciones constructivas.

Todas ellas deben ir dirigidas eminentemente a reducir a la mínima expresión los costes de construcción iniciales, el plazo de ejecución y más importante aún, los costes de mantenimiento y rotación.

Llegados a este punto, resaltando el mercado del alquiler asequible como solución habitacional al problema de la vivienda actual mediante la intervención de los poderes públicos en el mercado inmobiliario con los instrumentos

que les procura la ley, esto es mediante la colaboración público-privada, y de cómo podemos resolver el problema de los costes mediante la industrialización del proyecto y la obra, nos gustaría cerrar el círculo con algún comentario al respecto de las rentabilidades esperadas.

Un negocio que no sea rentable nunca podrá ser desarrollado



desde el sector privado, esto es una máxima inamovible. Si logramos hacer entender a las administraciones que el objetivo real de estas iniciativas no es la vivienda social, sino la vivienda asequible destinada a la clase media habremos dado un paso de gigante en la solución del problema. Es cierto que nos movemos en márgenes estrechos en cuanto al coste mensual disponible y que probablemente no en todos los municipios funcione, pero es necesario poner en sintonía a todos los agentes intervinientes para que entiendan el negocio y el producto y poder así desarrollarlo convenientemente, un producto como el alquiler, intensivo en capital, se materializa con la intervención importante de la financiación comercial bancaria, así como de recursos propios por supuesto, pero no podemos olvidar que la figura del comprador final, explotador del producto terminado que puede ser el propio promotor o un tercero se transforma en la clave absoluta de todo este proceso.

¿Está el mercado financiero preparado para este tipo de negocio? Tenemos un largo camino que emprender, los bancos creemos que si lo están y las posibilidades de negocio son amplias, pero, ¿qué pasa con el resto de agentes intervinientes? Inversores, fondos de pensiones, aseguradoras...

¿Serán capaces de sumarse a este negocio con concesiones o derechos de superficie a 40 ó 50 años y a qué tipo de TIR triple neta? La respuesta a esta pregunta, clave absoluta de todo, es a la que tenemos que ser capaces de dar respuesta. ■



Edificio Zero. Kömmerling



ESCRIBE:

**Javier Bermejo Amarillo**  
 Director General de Profine Iberia SAU  
 (Kömmerling)

*Licenciado en Administración y Dirección de Empresas por la Universidad Internacional de la Rioja y Executive Master en DCM por IE Business School. Actualmente desempeña el cargo de Director General de profine Iberia SAU (KÖMMERLING) para España, Portugal y América Latina. En la empresa ha ocupado con anterioridad puestos de Director de Marketing y Comunicación, Jefe de Proyectos Especiales en Edificación y Delegado de Producto.*

## CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA

# El principal reto para enfrentarse a los cambios será en la gestión de las personas

¿Por qué una ventana no se puede fabricar antes de medir su hueco en obra? Porque en el 93 % de los casos existen variaciones entre medida de proyecto y medida real de hueco, porque en el 57 %, los detalles de ejecución de proyecto se modifican o definen en obra y en el 39 %, una vez medido el hueco, se modifican modelos de ventanas.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fuente: elaboración propia estudio Kömmerling

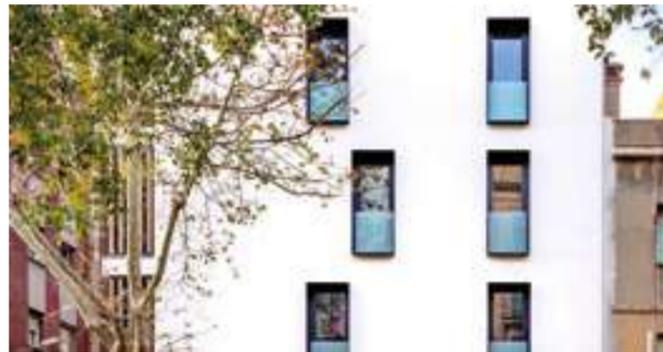
Como se suele decir en los entornos de gestión Lean, el dato anula la opinión, se puede estar más o menos de acuerdo en la necesidad de implantar cambios, pero cuando los datos son tan evidentes, se minimiza la discrepancia y toma fuerza la razón. Es difícil creer que a lo largo del contenido de estos tres "White papers" el lector no pueda estar de acuerdo, con más o menos convicción, en que el sector adolece de una serie de precariedades a las que debe dar solución: la generación de residuos, el consumo energético, la incertidumbre de plazos, desviación de presupuestos, escasez de mano de obra, divergencia entre el proyecto inicial y el finalmente construido, etc. La cadena de valor de la construcción es un conjunto de eslabones que, con demasiada frecuencia, tienen intereses enfrentados; el diseño se realiza en la fase inicial sin tener en cuenta su ejecución y la toma de decisiones se posponen a fases posteriores, "esto ya lo decidiremos en obra", ¿Somos conscientes de lo que supone esta expresión? Detrás de ella se esconden muchas de las ineficiencias del modelo actual, no es casual si esta frase se repite, es la falta de información y datos en fases tempranas del proyecto para que luego, cuando ya se tiene

que tomar, seguramente será demasiado tarde para que sea la mejor.

La gran mayoría de los profesionales del sector, ante la pregunta sobre la necesidad de implantar cambios en el modelo "tradicional", responde favorablemente y se suma a la necesidad de cambios. Sin embargo, a pesar de esta favorable "predisposición", la experiencia nos demuestra que, en la práctica, nos cuesta mucho aceptar este cambio.

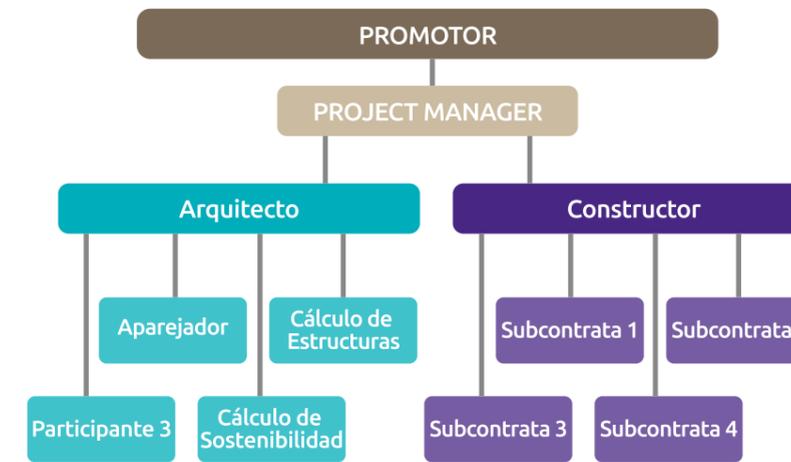
Experiencias reales como el proyecto del Edificio Zero de KÖMMERLING\*, un proyecto que nació con el objetivo de construir un edificio de oficinas con objetivos ambiciosos: un edificio de Consumo de Energía Nulo (no Casi Nulo) a coste de ejecución según CTE, en el que la arquitectura jugase un papel protagonista. El objetivo fue demostrar que se pueden hacer edificios con buena arquitectura, sostenibles y a costes asumibles "Si buscas resultados distintos, no hagas siempre lo mismo" (Albert Einstein). Para lograr los objetivos se optó por aplicar una metodología de trabajo basada en tres pilares, el contrato colaborativo IPD (Integrated Project Delivery), la tecnología BIM y la filosofía Lean Construction. De esta experiencia, se identificó el principal reto al que responder: el de las personas y su enorme resistencia al cambio.

\* <https://retokommerling.com/edificio-zero/>



El promotor firma contratos, detallando las diferentes penalizaciones por incumplimiento

### MODELO TRADICIONAL



El contrato único, que se centra en lo que hay que hacer y no en lo que pasa cuando no haces lo que hay que hacer

### MODELO COLABORATIVO

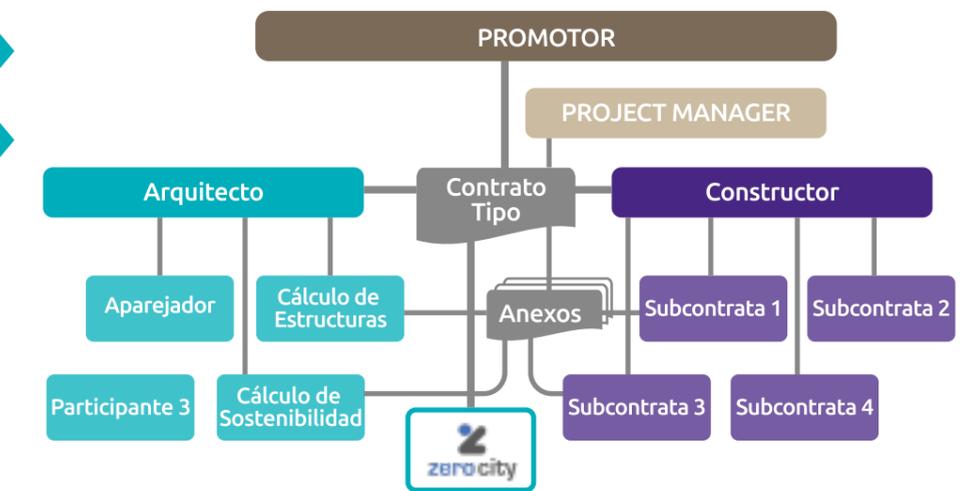


Fig. 1. Evolución modelo de contrato. Fuente Zero City

Cuando se puso en marcha la iniciativa, entre los agentes participantes no se identificaron resistencias al modelo: propiedad, técnicos, constructor, proveedores..., todos participarían en el proyecto en fases tempranas del mismo y la forma de relación entre las partes estaba basado en un modelo colaborativo (fig. 1) que, a diferencia del actual en el que el promotor firma varios contratos con los distintos agentes, aquí sólo existe uno al que todos los agentes se adhieren, centrándose en lo que hay que hacer vs. lo que pasa si no se hace.

Todos los agentes suscribieron los principios del modelo ZCp (Fig. 2) y ninguno presentó objeción alguna, sin embargo, en el transcurso del proyecto y su ejecución, la tentación de los agentes a trabajar en el modelo tradicional ha sido una constante. Un análisis llevado a cabo por la consultora Zero City Project ha revelado que, de la teoría a la práctica, más del 75% de los participantes en el proyecto, a pesar de haber suscrito el modelo de relación colaborativa y participar en la formación, tendía, más o menos inconscientemente, al modelo tradicional.

## PRINCIPIOS DE LA CONTRATACIÓN COLABORATIVA IPD

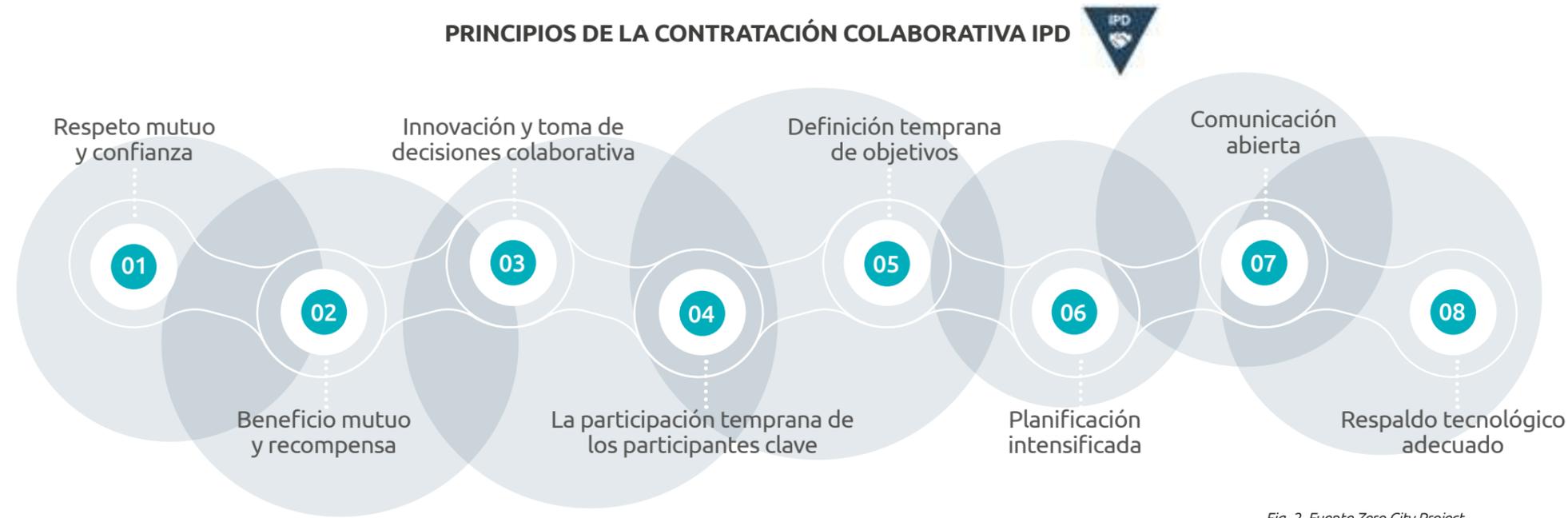


Fig. 2. Fuente Zero City Project

A la pregunta de si estamos de acuerdo en que el sector debe evolucionar e implantar cambios, la mayoría respondemos que sí, pero quizás pensamos que son otros los que deben cambiar, nosotros ya lo hacemos bien. Lo que debemos respondernos es de si estamos convencidos y dispuestos a aplicarlos en nosotros mismos y nuestras organizaciones.

La mejora de los resultados vendrá por una mejora en los procesos, junto al convencimiento de todos los agentes de sus ventajas. El principal reto para enfrentarse a los cambios será en la gestión de las personas.

### LA INDUSTRIALIZACIÓN OFRECE UN ENTORNO DE GESTIÓN MÁS FAVORABLE PARA LA GESTIÓN DE PERSONAS.

En la industria, existe una carrera por la mejora de procesos. Los esfuerzos en la creación de valor y reducción al mínimo de despilfarros e ineficiencias, el Lean Manufacturing ha generado conocimiento y herramientas para “estandarizar” con más o menos complejidad, la optimización de procesos y gestión de personas. En términos generales, parece más sencillo formar a personas y técnicos para una cadena de montaje donde las tareas y procesos se

pueden estandarizar que en un proyecto de edificación en el que, hasta la fecha, cada proceso es independiente uno de otro, ejecutados por personal en tiempo y forma distintos, con información y datos aislados. La industria desarrolla su actividad en un entorno más favorable para la optimización de procesos, mientras, la ejecución de la obra se focalizará en el ensamblado y montaje de elementos preindustrializados, minimizando su exposición a mano de obra y tiempos de ejecución.

Hoy se habla de que la industrialización de la construcción no mejorará costes, pero mejorará calidad y plazos de

ejecución en un 30%, estas valoraciones suelen provenir del sector de la construcción, pero cualquiera que trabaje en un entorno industrial sabe que esas cifras son más que mejorables, el objetivo puede y debe ser mucho más ambicioso, el problema es que hoy, cuesta visualizarlo.

Volviendo al ejemplo de la ventana, esta no se considerará un elemento a instalar en una obra, sino un elemento a incorporar en línea de montaje, integrada en paneles en los que el hueco mantiene sus cotas, el detalle constructivo ha sido previamente diseñado y ejecutado en forma, se conocerá con tiempo el momento exacto de instalación y no existirá improvisación. En este entorno de trabajo, nadie puede poner en cuestión que la calidad del producto acabado será mejor, que el tiempo se reducirá y que, en consecuencia, el coste se optimizará.

Tras las primeras experiencias, con más o menos aciertos en industrialización de la construcción, se irá produciendo una selección natural de empresas y profesionales que claramente apuestan por ello, que están convencidos y que, probablemente no con poco esfuerzo, irán conformando un ecosistema que desarrollará una forma diferente de hacer las cosas obteniendo resultados distintos, logrando el anhelado objetivo de hacer sostenible (económica, social y medio-ambientalmente) el sector de la construcción. ■



Residencial Pujades, Barcelona.



ESCRIBE:

**José Luis Cabezas**

Vicepresidente de Home&Distribution de Schneider Electric España

*Ingeniero Técnico de Telecomunicaciones especializado en Sistemas Electrónicos por la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), entró a formar parte de Schneider Electric en 2003, donde ha ocupado varios puestos de responsabilidad, entre ellos, Responsable de grandes cuentas de distribución y Delegado Regional del Área Mediterránea en España, hasta que en 2019 ocupó el cargo de vicepresidente de la división Home & Distribution.*

## EFICIENCIA ENERGÉTICA

# — La industrialización de la construcción es una apuesta firme para alcanzar la eficiencia energética

La construcción sostenible, verde y eficiente ha comenzado a ganar protagonismo, y se trata de una tendencia que ha llegado para crecer y consolidarse. La tecnología ha cambiado la manera en que se diseñan y se construyen los edificios. En lugar de construir toda la estructura in situ, la construcción industrializada permite anticiparse a la obra, desarrollando gran parte de los procesos constructivos en

La construcción sostenible, verde y eficiente ha comenzado a ganar protagonismo y se trata de una tendencia que ha llegado para crecer y consolidarse.

un entorno industrial y automatizado.

De esta manera, la industrialización de la construcción facilita la evolución de los proyectos, reduce los tiempos de entrega de los activos y mejora la productividad y rentabilidad al emplear la mecanización y la automatización. Pero, además, y esto es fundamental, la construcción industrializada favorece la eficiencia energética y la sostenibilidad de los edificios, a lo largo de todo su ciclo de vida.

Si bien las ciudades y los edificios son piezas clave para ganar la batalla al cambio climático, la industrialización de la construcción ha sido un tema desatendido en los últimos años. Es momento de enfocar nuestros esfuerzos aquí, algo que podemos hacer gracias a las tecnologías ya existentes y a las que nos esperan en un futuro próximo. Se trata de un desafío al que todos los actores de la industria deberán hacer frente.

En este artículo, profundizaremos en este tema, y ahondaremos en la prometedora área para la innovación que se está abriendo en el sector de la construcción.

### LA PARADOJA ENERGÉTICA

La demanda de energía mundial ha aumentado un 50% en los últimos 25 años, y se prevé un crecimiento del 50% más en 2050. A su vez, sabemos que el 85% de las emisiones de carbono provienen del uso de la energía. En consecuen-

cia, debemos reducir las emisiones a la mitad y mejorar la eficiencia energética, para impedir un daño significativo e irreversible al planeta y evitar una catástrofe climática y energética.

No existen dudas de que la forma más fácil, económica, rápida y rentable de adoptar la energía sostenible es poder almacenarla y consumirla de forma inteligente. Para resolver el problema del cambio climático, tenemos que transformar nuestras ciudades y edificios. Esto requiere esfuerzos masivos desde los sectores públicos y privados, pero es posible con las tecnologías existentes.



Las ciudades son el cimiento de la descarbonización global por dos principales motivos.

Primero, consumen dos tercios de la energía mundial, y generan el 70% de las emisiones de carbono. Los edificios por sí solos generan el 33% (o el 50% si se incluye la industria de la construcción y la parte superior de su cadena de valor). Y, en segundo lugar, la urbanización está creciendo exponencialmente: se estima que en 2050 el 68% de la población vivirá en áreas urbanizadas, cuando el porcentaje actual es del 55%.

A su vez, la descarbonización de las ciudades y los edificios es un proceso tremendamente complejo. Debido a la diversidad de arquetipos y la fragmentación de la industria, se podría decir que se trata de un sector difícil de adaptar a los cambios que la agenda climática requiere, especialmente, con los plazos con los que se disponen. Ahora bien, en este caso, no se trata tanto de un tema tecnológico, sino de una cuestión de ajustar la cadena de valor y la organización de los procesos del sector.

### LA CARRERA HACIA LOS EDIFICIOS CON CERO EMISIONES

Según el Acuerdo de París, todos los edificios deben generar cero emisiones en 2050 durante todo su ciclo de vida. Este objetivo generará una revolución en la industria de la

construcción, que necesita repensar los edificios para alcanzar un óptimo rendimiento, al tiempo que adoptan materiales que generen cero emisiones.

Optimizar el rendimiento de estos edificios con cero emisiones se basará en tres premisas principales:

1. En primer lugar, los edificios deberán volverse ultra-eficientes. La intensidad de energía promedio se sitúa en 150 kilowatts/hora por metro cuadrado por año, cuando el consumo óptimo sería de 50 kWh/m<sup>2</sup>/año.
  2. En segundo lugar, los edificios deben volverse totalmente eléctricos. Los sistemas de climatización por electricidad son notablemente más eficientes que los sistemas tradicionales, y altamente competitivos, especialmente cuando se asocian al aire acondicionado.
  3. Y, en tercer lugar, los sistemas tendrán que estar preparados para basarse en la generación de energía renovable local y trabajar con fuentes de energía propias, conectadas a redes eléctricas modernas y digitalizadas, para aumentar la resiliencia total del sistema.
- En resumen, la digitalización es un facilitador clave de esta transformación, ya que redefine la manera en que producimos, distribuimos y consumimos la electricidad.





## INDUSTRIALIZACIÓN Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

Ahora bien, ¿de qué modo la industrialización de la construcción puede ayudar a lograr estos objetivos de sostenibilidad?

Para responder a esta pregunta, pondremos un ejemplo muy simple e ilustrativo. Piensa en los primeros GPS para el coche que salieron al mercado. Hace relativamente pocos años, éstos se conectaban con el encendedor del vehículo.

Con el tiempo, han evolucionado hasta estar integrados en el propio proceso de diseño del coche hasta llevarlo de serie.

Pues lo mismo ocurrirá con las medidas de eficiencia y sostenibilidad en edificios. Gracias a la industrialización de la construcción, desde la fase de diseño se tendrán en cuenta soluciones de eficiencia energética que irán totalmente integradas en el proyecto final, y que ayudarán a propietarios y usuarios de

los edificios a lograr grandes ahorros económicos y energéticos, con una sociedad cada vez más concienciada.

La industrialización de la construcción es un gran impulso para la edificación sostenible que, como hemos visto, es



esencial para lograr cumplir con los objetivos del Acuerdo de París para evitar que el incremento de la temperatura media global supere los 1,5°C respecto a la era preindustrial y alcanzar la neutralidad de las emisiones de carbono.

## UNA TRANSICIÓN NECESARIA PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE CARBONO

La integración de los edificios inteligentes en un ambiente urbano dinámico, la electrificación del transporte público y privado, y el desarrollo de la infraestructura de carga del vehículo eléctrico serán los pilares fundamentales para alcanzar los objetivos de la agenda climática.

Es necesario que las ciudades y los edificios adopten cambios de forma inmediata para que sea posible alcanzar las metas de descarbonización, y esta debería ser la principal prioridad para los sectores públicos y privados. Es algo que debe hacerse a escala, utilizando un enfoque integrado y digitalizado.

Esta será la ruta más eficaz para alcanzar las metas de eficiencia del sector y cumplir con los objetivos de sostenibilidad necesarios para el planeta.

Ahora bien, descarbonizar las ciudades y los edificios a escala requiere que redefinamos la visión del rol que tienen para el futuro. Y estamos convencidos de que esto es posible. ■



## SOSTENIBILIDAD

# — Industrializar la construcción, una alternativa hacia la sostenibilidad

Hay evidencias suficientes indicando que, desde el sector de la edificación, no estamos haciendo bien las cosas. ¿Es lógico que nuestros edificios pesen mucho más que la sobrecarga que pueden soportar? ¿Es lícito que el 15% de los materiales que llegan a obra se conviertan directamente en residuo? ¿Es razonable que construir y habitar nuestros edificios consuma actualmente el 40% de la energía? Creo que estamos de acuerdo en que necesitamos cambiar nuestros modos de hacer en la edificación. No se trata de mejorar lo que sabemos hacer, sino de hacerlo de forma diferente, para así garantizar que en el futuro podamos seguir construyendo...



**ESCRIBEN:**  
**Felipe Pich-Aguilera Baurier**  
Doctor arquitecto. Co-fundador de  
Picharchitects/pich-aguilera

*Graduado en 1984 por la Escuela Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Cataluña (ETSAB-UPC). Su trabajo con la realidad de la industrialización y el medio ambiente le han permitido implementarlo en las obras del estudio e impartir cursos y conferencias a nivel local, regional e internacional. Profesor de proyectos en la UIC School of Architecture.*



**Teresa Batlle Pagés**  
Arquitecta. Co-fundadora de  
Picharchitects/pich-aguilera

*Graduada en 1986 por la Escuela Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Cataluña (ETSAB-UPC). Su trayectoria profesional se ha centrado en el desarrollo de líneas de mejora, destinadas a respetar el medio y a reducir el consumo de recursos materiales y energéticos, para lo que ha impulsado diversos proyectos de investigación.*

**E**n ese horizonte, la industrialización aparece como un camino seguro, por ser el mismo que emprendieron tantos otros sectores productivos, para responder a las demandas socioeconómicas de su tiempo. Por Industrialización me refiero a la Fabricación de Componentes en taller, para su posterior Ensamblaje en obra. En otras palabras, desligar la producción del edificio del lugar donde éste se implanta.

Si miramos hacia atrás, éste ha sido un vector determinante en la evolución cualitativa de la arquitectura desde tiempos remotos, cuando la construcción no era más que una simple acumulación de materia prima. Visto desde esta perspectiva, ¿acaso los órdenes clásicos no

suponen una racionalización constructiva mediante una lógica de piezas preestablecida? ¿No es acaso el despiece geométrico de la Estereotomía de la piedra, la invención técnica que impulsa la arquitectura Gótica y su impresionante programa



*Podemos entender el salto cualitativo del Románico al Gótico como un impulso hacia la industrialización.*

constructivo en Europa? ¿No podríamos decir otro tanto de la incorporación del acero roblonado en la arquitectura, para poder afrontar el inmenso programa de las infraestructuras industriales de finales del s. XIX? Así pues, necesitamos armar ahora una respuesta contemporánea a una pregunta recurrente en el curso de la historia. Esa reacción episódica a una pregunta atemporal es el propio sustrato del Desarrollo Sostenible.

Pero si nos centramos aquí y ahora, bien podríamos refrendar la Industrialización del sector en contraste con los tres grandes vectores que parecen abarcar el término ‘Sostenibilidad’: el Social, el Económico y el Ambiental. Desde un punto de vista SOCIAL, el marco de la construcción tradicional no es precisamente idílico. Tenemos un modelo basado en la subcontratación compulsiva, que se apoya finalmente en mano de obra básicamente autónoma y poco cualificada, trabajando intensivamente en obra en condiciones precarias. La industria fabricante se ha centrado en producir materiales cada vez mejores, pero implicándose apenas en su puesta en obra. El resultado de todo ello es una gran precariedad a todos los niveles: en las condiciones laborales, en la calidad de la edificación final, en la episódica ausencia o sobrea-bundancia de mano de obra disponible, en la absoluta carencia de “oficio” tradicional, en la ausencia de conocimiento especializado, etc. Al parecer, seguimos construyendo artesanalmente, pero sin artesanos... Todo el que

ha tenido algún contacto con el sector, sabe bien de lo que estoy hablando. Así pues, reorientar la construcción hacia la fabricación y ensamblaje de componentes sería un buen modo de acabar con esa precariedad endémica. En definitiva, se trataría de propiciar un ecosistema de empresas fabricantes/instaladoras, capaces de vertebrar la Construcción -y la sociedad en general- tal como hacían



*Edificio “Centro de Investigación Tecnológica Leitat” en Barcelona. 2016. Picharchitects/Pich-Aguilera (fotografía: Lourdes Jansana).*



los antiguos Gremios de los Oficios tradicionales. Desde el punto de vista ECONÓMICO, aunque los precios de la construcción pueden considerarse moderados comparados con los del suelo -ese sería otro expediente aparte-, la tremenda fluctuación de los costes al alza o a la baja según la coyuntura, distorsiona cualquier previsión a largo plazo, imponiendo la dinámica del “aquí te

pillo y aquí te mato”, que no hace más que agravar las cosas. Por otro lado, hoy la inversión en construcción es centrífuga, dado que los materiales y productos normalmente llegan desde muy lejos y no digamos ya la mano de obra. Un proceso de industrialización dotaría al sector de mayor consistencia económica, permitiéndole actuar como un estabilizador contra cíclico. Además, la producción industrial propiciaría un aumento exponencial de la calidad y la optimización de los plazos de ejecución sin mayor sobrecoste, simplemente racionalizando el ritmo de la producción. Finalmente, sabemos que los componentes industriales de la edificación, dados los costes de transporte que implican su tamaño y peso, tienden a fabricarse cerca del lugar de construcción. Eso garantiza que la inversión del edificio acabe beneficiando al tejido industrial local, que es el que da empleo y paga impuestos en su propia comunidad.

Desde una consideración AMBIENTAL, hemos avanzado ya algunos datos significativos sobre los desajustes que implica el modo que tenemos de construir y concebir nuestros edificios. En este sentido, la industria lleva ya tiempo ajustando sus procesos bajo requerimientos ambientales, por lo que en sí misma es un instrumento más conveniente que lo que normalmente ejecutamos “in situ”. Además, hemos podido comprobar cómo la calidad de algunas soluciones industrializadas consigue directamente altas prestaciones, que de otro modo supondrían un coste muy elevado, como, por ejemplo: la total supre-



sión de puentes térmicos, el aumento de amplitud de los vanos estructurales, la obtención de perfectos acabados de serie, etc. Todo ello comporta ahorros directos de materia prima y evita cualquier residuo a lo largo del proceso. Además, la producción en fábrica permite caracterizar bien los componentes, mediante un registro completo de los materiales y procesos que los han conformado. Esto es esencial, porque asienta las bases para la puesta en marcha de una economía circular en el sector. Podemos considerar los edificios de hoy como bancos de materiales para el futuro, porque modelizando la información que contienen sus partes, podrán ser reutilizados con garantías y reactivar así su valor económico. Pensando un poco en todo ello, nos daremos cuenta de las profundas transformaciones y escenarios nuevos que abrirá esa Economía Circular aplicada a la construcción.

Por otro lado, España cuenta con un nutrido parque de industrias que producen componentes, aptas para la edificación o casi. Ese es un contexto propicio para la industrialización de la edificación y a la vez un estímulo para todo ese tejido industrial, que creció con la ejecución de las infraestructuras y que podría tener en la edificación un nuevo campo de acción.

Llegados a este punto, podemos preguntarnos: ¿cómo es

*Fase de obra del edificio de usos mixtos "Gonsi Socrates" en Viladecans. 2019. Una infraestructura producida por la industria local, vertebrada espacios flexibles para nuevos usos. Picharchitects/Pich-Aguilera.*

posible que hayamos llegado hasta aquí? ¿Qué circunstancias están provocando este desajuste? Aunque las respuestas no son sencillas, tienen que ver con el hecho de que la construcción es esencialmente reaccionaria



*Edificio para el Instituto de Investigación del Hospital de Sant Pau y la Santa Creu. 2019. Ensamblaje de componentes para un funcionamiento bioclimático. Picharchitects/Pich-Aguilera (fotografía: Aldo Amoretti).*

frente a los cambios- y con ella también la arquitectura, aunque tanto nos cueste admitirlo a los arquitectos-; el conjunto no decidirá cambiar hasta que no tenga más remedio que hacerlo. De hecho, el contexto legal vigente tiende a perpetuar este modelo actual y muy concretamente la Ley de Contratos del Estado, que lo cristaliza en la práctica diaria. Pero quizás estemos muy cerca ya de ese momento en el que cambiar se hace inevitable y las cosas basculan rápidamente por el mero efecto de su propio peso. ■



**ESCRIBE:**  
**Nerea García**  
 Directora de RR.HH.  
 Grupo Avintia

*Licenciada en Sociología por la Universidad Complutense de Madrid y MBA por la Escuela de Organización Industrial. Cuenta con una trayectoria profesional de cerca de veinte años, durante los que ha ocupado puestos de responsabilidad en grandes multinacionales como Acciona, Sanitas, Vodafone y Sacyr. Desde febrero de 2019, lidera el área de Recursos Humanos de Grupo Avintia.*

## RRHH

# El talento en la Construcción Industrializada: nuevos retos y ventajas

Es más que evidente que el futuro del sector de la construcción se encuentra en el modelo industrializado. Un modelo gracias al que es posible reducir plazos y optimizar costes en línea con la actual demanda del mercado, así como solventar la problemática de una mano de obra escasa, cara y cada vez menos especializada.

La pérdida de perfiles profesionales vivida en la construcción durante la anterior crisis supuso un gran golpe para el sector. Una realidad crítica en la que en el sector de la construcción y oficios asociados se perdió mucho capital humano. Evidencia clara de ello es el marcado descenso que ha habido en los últimos años en el volumen de licenciados en carreras técnicas o la gran cantidad de profesionales que tuvieron que cruzar nuestras fronteras para encontrar trabajo en otros países.

Un vacío que, obligatoriamente, debía tardar en llenar una bolsa de trabajo de profesionales muy menguada. A ello se unen una Ingeniería y Arquitectura orientadas a la fórmula tradicional, casi artesanal, de construcción, a una forma de trabajo en la que los cerramientos o las

tradicional -que sepa gestionar de forma adecuada cualquier aspecto a lo largo del proceso-, la construcción industrializada requiere de procesos más automatizados, aunque no por ello menos complejos o técnicos. Nos encontramos ante una imperante necesidad de otro tipo de



perfiles profesionales capaces de ajustarse a este nuevo paradigma y de superar los retos que supone la industrialización en el ámbito de los recursos humanos en el corto, medio y largo plazo.

Para ello, es necesario reinventarse, dar un giro de 180° e impulsar esos esfuerzos titánicos que estamos llevando a cabo las grandes empresas para conseguir profesionales en la era industrializada y, sobre todo, para seducir a un perfil

*“...El trabajo de la construcción industrializada no supone la desaparición de los oficios tradicionales, sino que estos pasan a tener un peso menor y, por tanto, disminuye el impacto negativo originado por la falta de profesionales y de oficios.”*

estructuras se llevan a cabo en la propia obra directamente. Algo que, en muchos casos, resulta ineficiente al depender de condicionantes climatológicas, de entregas de material que en ocasiones sufre descoordinación o de la capacitación de la mano de obra encargada de ese desempeño.

En este sentido, frente a la dependencia de la capacitación de la mano de obra propia de una construcción

de trabajador joven. Un perfil que, tradicionalmente, percibe la construcción como un sector arcaico y anticuado, que no le ofrece condiciones de trabajo acordes a las expectativas de esta generación. El modelo industrial nos permite ofrecer puestos de trabajo con otras características, más técnicos e igualitarios.

La industrialización de un sector que supone el 7% del PIB en países como España abre, sin duda, un nuevo abanico de oportunidades para nuestro mercado. Y más en el contexto que vivimos desde hace unos meses, en el que cada vez más existe un creciente interés de los consumidores por un tipo de vivienda donde la sostenibilidad -tanto en la ejecución, como en el empleo de materiales- juegan un papel protagonista.

La metodología que se sigue en la construcción industrializada, permitiendo una fabricación de viviendas cuyo sistema se puede trasladar fácilmente a diferentes puntos del territorio nacional, incluso más allá de nuestras fronteras, abre ante el sector un importante abanico de oportunidades laborales. El trabajo de la construcción industrializada no supone la desaparición de los oficios tradicionales, sino que estos pasan a tener un peso menor y, por tanto, disminuye el impacto negativo originado por la falta de profesionales y de oficios, como ocurre hasta ahora.

### NUEVOS PERFILES EN ENTORNOS MÁS INCLUSIVOS Y 'AMABLES'

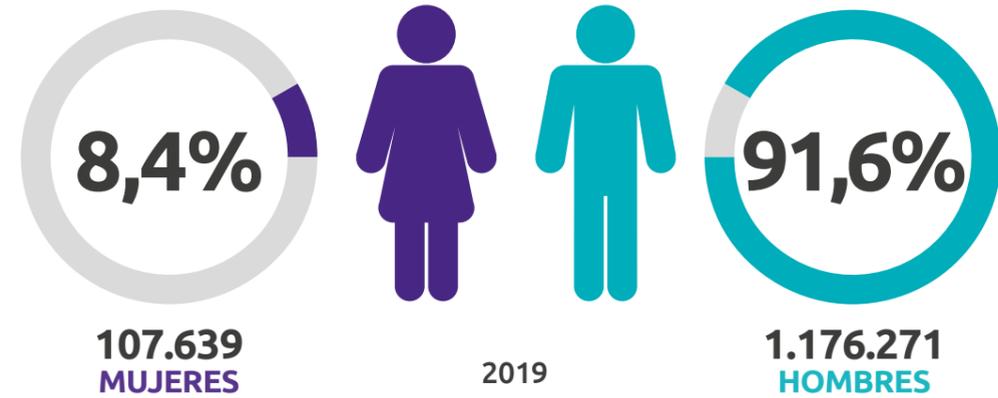
Se generan así nuevas oportunidades laborales, vinculadas a la demanda de perfiles más tecnológicos -como programadores- y fabriles -como es el caso de operarios y técnicos-, entre otros.

El aspecto fabril que acompaña a la construcción industrializada hace que este tipo de construcción inmobiliaria sea menos artesanal, dependiendo en menor medida de las condiciones físicas de las personas y, por tanto, abriéndose a una mayor integración de perfiles y de diversidad, con la incorporación de nuevos trabajadores, sin limitaciones por barreras de género o condiciones físicas, aspectos tradicionalmente vinculados al sector de la construcción.

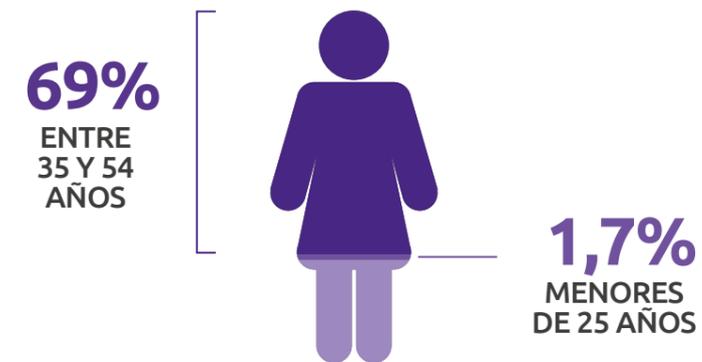
Un tipo de trabajo en fábrica que, además, permite otorgar un entorno más estable, en un lugar fijo de trabajo, con una producción preestablecida no dependiente de la activación o no de la obra, en localizaciones cambiantes.

Más allá de los aspectos tangibles, este modelo industrializado presenta también elementos de carácter social, antes difícilmente alcanzables en el sector.

### PROFESIONALES OCUPADOS EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN



### MUJERES EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN



### JÓVENES EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN



Podemos destacar, por un lado, la ausencia de limitaciones derivadas de las condiciones climatológicas, ya que el trabajo en fábrica, en un entorno cerrado y más controlado, es más “amable” que a la intemperie. Por otro, el establecimiento de horarios con posibilidad de establecer turnos rotativos ordenados, ofreciendo una

mejor conciliación entre la vida profesional y familiar. Y, por último, pero no menos importante, una mayor inclusión de diversos perfiles, al eliminar la barrera del trabajo más asociado a la fuerza o ciertas condiciones físicas.



A este respecto, según los últimos datos registrados por la EPA en febrero de 2020, y correspondientes al último trimestre del

año 2019, sólo el 8,4% de los profesionales ocupados en el sector de la construcción son mujeres. 2019 se cerró con 107.639 mujeres trabajando en el sector, frente a los 1.176.271 hombres. A ello se suma que las mujeres ocupadas del sector se concentran, principalmente, entre los 35 y los 54 años (un 69% del total); siendo las menores de 25 años solo un 1,7% del total de ocupadas. A lo que tenemos que añadir la escasez de jóvenes trabajando

en el sector, algo que afecta a ambos géneros, siendo el 3,4% del total el porcentaje de hombres que trabajan en la construcción menores de 25 años.

A todo ello se une que, mientras que las obras están deslocalizadas, en ubicaciones cambiantes, la fábrica se encuentra en o junto a una población estable. Por lo que, por un lado, se elimina el problema de buscar mano de obra en el mercado local -donde a veces es complicado por su escasez o por requerir grandes desplazamientos de los trabajadores-; y, por otro, se fortalece el tejido industrial y la riqueza de la zona de manera sostenible y estable en el tiempo.

No debemos olvidar todo lo que aporta la construcción industrializada y su vinculación a la innovación tecnológica y a las innovaciones constructivas, ámbitos para los que es necesario captar los mejores perfiles que están surgiendo y que antes ni siquiera existían.

En definitiva, el gran reto de nuestra industria es atraer el talento joven y otros perfiles que hasta la fecha se han alejado de la construcción, como el talento femenino, con nuevos puestos más atractivos que acaben materializando la transformación profunda y necesaria en todos los niveles del sector. ■



## PREVENCIÓN

# — Análisis del sistema industrializado en PRL: evolución técnica y menor riesgo



ESCRIBE:

**Jorge González**

Director de Prevención, Calidad y Medio Ambiente en Grupo Avintia

Ingeniero agrónomo y rural y licenciado en Ciencias Ambientales por la Universidad Politécnica de Madrid. Master en prevención de riesgos laborales en Seguridad y Salud en el Trabajo, en Ergonomía y Psicología Aplicada e Higiene Industrial. Posee una experiencia de más de quince años en los campos de la elaboración, implantación, y mantenimiento de sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo, calidad y medioambiente, así como en auditorías legales de prevención de riesgos laborales. Director de Prevención, Calidad y Medio Ambiente en Grupo Avintia desde 2007. Premios Prevencionar 2018 a Empresa del Año y Comunicación PRL.

En comparación con otros sectores, el de la construcción ha manifestado una mayor ralentización con relación a los cambios evolutivos a lo largo de los años. Esto, unido a la crisis económica y sanitaria que ahora mismo estamos viviendo, invita a reinventar el mismo, buscando la necesidad obligada de reestructurarse en todos los campos con el fin de adaptarse a aquellas.

Los objetivos de coste de producción, calidad, plazos y, por qué no decirlo, seguridad y medioambiente, cada vez más integrados en las necesidades de la sociedad, obligan a analizar la introducción de sistemas industrializados en el proceso constructivo actual.

Fabricando los elementos que componen los edificios fuera de su ubicación definitiva (es decir, prefabricando) se puede, no sólo reducir considerablemente los plazos de las obras y mejorar la calidad de la construcción, dado

que una buena parte de los procesos de producción se realizan en fábricas, dejando para realizar en el lugar de las obras los trabajos de ensamblaje de los distintos elementos que constituyen el edificio, sino también aprovechar dicha coyuntura para cambiar ciertas costumbres desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales (PRL), contribuyendo a intentar mejorar los altos índices de siniestralidad que año tras año experimenta el sector de la construcción.

En este sentido, en materia de prevención de riesgos laborales, se debe tener en cuenta varias normativas al respecto dentro de las cuales se encuadraría y apoyaría esta idea expuesta:

1. Artículo 15 de la Ley 31/95 "Principios de la Acción Preventiva" apartado e), según el cual el empresario aplicará las medidas que integran el deber general de prevención teniendo en cuenta la evolución de la técnica.
2. Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de Prevención de Riesgos Laborales, donde se introduce la necesidad de integrar la actividad preventiva en los sistemas de gestión de las empresas.
3. R.D. 1627/1997, disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, artículo 8 donde se indica que de conformidad con la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, los principios generales de prevención en materia de seguridad y de salud deberán ser tomados en consideración por el proyectista en las fases de concepción, estudio y elaboración del proyecto de obra y en particular al tomar las decisiones constructivas, técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases de trabajo que se desarrollarán simultánea o sucesivamente.

A este respecto, la utilización de un sistema industrializado da cumplimiento a dichos puntos, dado que consti-

tuye una "evolución técnica" en relación con los sistemas tradicionales y pueden ser diseñados e integrados en un proyecto hecho a medida.

### REDUCIENDO LA SINIESTRALIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL

Por otro lado, tal y como comentábamos, el sector de la construcción es uno de los sectores con mayor accidentalidad existente. El sistema tradicional de ejecución in situ es una fuente de riesgos por las características que implica: mayor número de trabajadores expuestos y durante mayor tiempo, sobrecarga de exposición a elementos susceptibles de generar riesgos (fundamentalmente maquinaria, materiales y medios auxiliares), menor limpieza del entorno de trabajo, etc. Basta con mostrar los índices de incidencia de cada sector que publica el Ministerio de Trabajo cada año:

**ÍNDICE DE INCIDENCIA DE ACCIDENTES DE TRABAJO CON BAJA EN JORNADA, POR SECTOR, SECCIÓN Y DIVISIÓN DE ACTIVIDAD ECONÓMICA**  
Accidentes por cien mil trabajadores

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>TOTAL</b>	4.283,4	4.006,1	3.833,8	2.946,9	3.009,2	3.111,3	3.252,8	3.364,8	3.408,8	3.408,7	3.018,6
<b>SECTOR</b>											
Agrario	4.504,8	4.504,0	4.877,9	4.339,2	4.599,7	4.768,8	5.167,6	5.143,4	5.381,5	5.297,9	4.977,8
Industria	6.572,9	6.302,3	5.721,6	4.652,0	4.590,7	4.781,2	5.087,5	5.290,8	5.397,9	5.536,5	5.313,2
Construcción	8.080,4	8.546,1	7.735,3	6.295,9	6.024,1	6.314,7	6.794,5	7.217,2	7.845,6	7.982,7	6.906,1
Servicios	3.141,4	2.995,9	2.771,5	2.305,6	2.433,3	2.513,7	2.591,7	2.677,9	2.667,0	2.613,2	2.243,8

Fuente: Estadísticas de Accidente de Trabajo año 2019 Ministerio de Trabajo y Economía Social.

En cambio, el montaje de elementos prefabricados es una alternativa que reduce de forma importante estos riesgos, además de presentar otras ventajas desde el punto de vista técnico, económico, de plazos, coordinación de actividades empresariales, medioambiente, etc.

De hecho, una de las grandes características de la construcción industrializada con elementos prefabricados de hormigón es la rapidez de ejecución y trabajar de forma mucho más limpia y ordenada, dado que, por un lado, las piezas de hormigón dispuestas en obra tienen ya la resistencia necesaria para soportar las cargas a las que van a estar expuestas (no necesitan pasar un tiempo para endurecerse y fraguar como en el sistema tradicional) y, por otro lado, los procesos están completamente procedimentados de forma previa, para que cada trabajador cumpla con total seguridad los pasos a realizar durante el proceso de unión de piezas, sin olvidar que las zonas y equipos de trabajo necesarios se pueden establecer a priori, permitiendo con ello una zona de trabajo más segura. Todo esto contribuye, sin duda, a una reducción no sólo de la exposición de los trabajadores a los riesgos laborales presentes en las obras, sino además, a la exposición a elementos susceptibles de generar riesgos anteriormente mencionados, dada la menor necesidad de maquinaria, medios auxiliares, materiales, acopios, etc., bastando, en la mayor parte de los casos, con poner a disposición de la obra los vehículos de transporte, los equipos de elevación y puesta en obra y los propios elementos prefabricados. Además, los procesos no ocurren de forma paralela como en

el sistema clásico y sí uno detrás de otro, lo que permite la reducción de las posibilidades de cometer errores y la coordinación entre empresas y equipos.

A todo ello habría que sumar que las obras que se realizan con prefabricados generan menos movimientos en las obras y, por tanto, menos polvo y menos ruido. Lo que se traduce en menos molestias en el lugar de trabajo, con una reducción de la contaminación acústica y partículas de polvo suspendido en el ambiente, incidiendo positivamente en la salubridad para el trabajador y la sociedad en general.

Finalmente, no podemos dejar de comentar dos aspectos también importantes en ejecución industrializada: Por un lado, la mayor cualificación y especialización del personal de obra que se dedica a ello, en contraste con personal, en ocasiones poco experimentado en determinados oficios en el sistema tradicional y que, sin duda, se va a ver acrecentado con la situación de crisis actual. Y, por otro lado, la posibilidad de realizar la ejecución y ensamblaje de elementos constructivos en conjunto, como bloques de fachada con el aluminio y cristal de las ventanas ya colocados, lo que elimina de raíz, no sólo los riesgos aso-



ciados a la ejecución de dichos oficios en obra, sino también a los trabajos ejecutados en altura en su proximidad.

Todo esto lleva a la conclusión de que en un **sistema tradicional el número de riesgos a considerar es muy superior en comparación con el sistema industrial.**

Estas diferencias entre uno y otro sistema se pusieron de manifiesto en un estudio acometido por el Instituto Regional de Seguridad y Salud de la Comunidad de Madrid. En este trabajo se compara la ejecución de un forjado y un muro, uno de ellos realizado mediante elementos prefabricados de hormigón y otro mediante técnicas convencionales in situ.

En su conjunto, la ejecución de la losa con placas alveolares presentaba un 27% de mejora en cuanto a los aspectos de seguridad. En el caso del muro, se observaba una mejora todavía mayor de la opción industrializada, siendo prácticamente un 50% más segura.

Por otro lado, según nuestra experiencia con obras ya ejecutadas bajo el amparo industrializado se rompe de forma radical la tendencia continua de accidentes en obra, produciéndose alguno de forma esporádica durante la ejecución de la obra y dando unos indicadores de siniestralidad muy inferiores con relación al empleo de un sistema tradicional, donde existe un goteo continuo de accidentes.

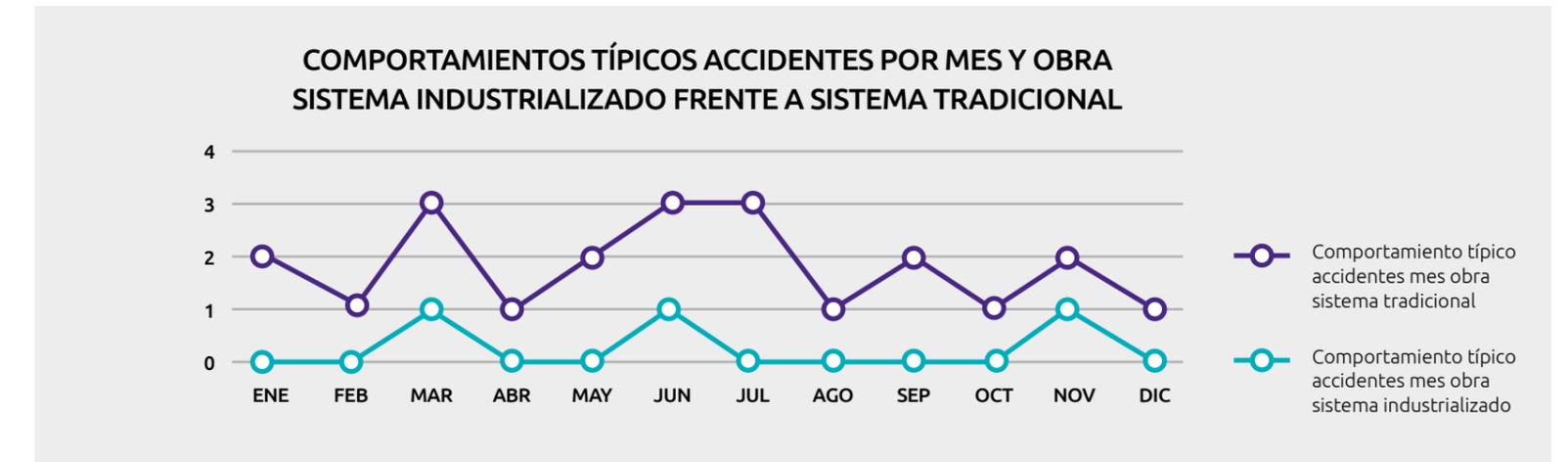
**TABLA COMPARATIVA EN LA EJECUCIÓN DEL MURO, EN EL PRIMER CASO IN SITU Y EN EL SEGUNDO MEDIANTE PANELES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN. INSTITUTO REGIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD DE LA COMUNIDAD DE MADRID**

EJECUCIÓN DE MURO <i>IN SITU</i>		EJECUCIÓN MURO PANELES PREFABRICADOS	
5-1. Descarga y acoplo de paneles de encofrado, armaduras, puntales y elementos auxiliares.	65	5-1. Descarga y acoplo de los paneles de prefabricados.	50
5-2. Montaje de una cara de encofrado (trasdós)	94	5-2. Montaje de paneles prefabricados.	102
5-3. Armado del muro.	108	5-3. Ejecución de viga cargadero (encofrado, armado, hormigonado)	100
5-4. Montaje de la segunda cara de encofrado (intradós) y plataformas de hormigonado.	80		
5-5. Hormigonado del muro.	72		
5-6. Desencofrado.	83		
<b>TOTAL</b>	<b>502</b>	<b>TOTAL</b>	<b>252</b>

**TABLA COMPARATIVA EN LA EJECUCIÓN DEL FORJADO, EN EL PRIMER CASO IN SITU Y EN EL SEGUNDO MEDIANTE PLACAS ALVEOLARES PREFABRICADAS DE HORMIGÓN. INSTITUTO REGIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD DE LA COMUNIDAD DE MADRID**

EJECUCIÓN DE LOSA <i>IN SITU</i>		EJECUCIÓN DE LOSA CON PLACAS ALVEOLARES	
S-1. Descarga y acoplo de paneles de encofrado, armaduras, puntales y elementos auxiliares.	65	P-1. Descarga y montaje de jácenas prefabricadas	73
S-2 y S-3. Montaje de puntales, sopandas y paneles de encofrado fenólico.	103	P-2. Descarga y montaje de placas alveolares.	88
S-4. Armado de la losa.	89	P-3. Montaje de mallazo y armadura de negativos.	73
S-5. Hormigonado de la losa.	99	P-4. Hormigonado de la losa de compresión.	86
S-6. Desencofrado y reapuntado.	87		
<b>TOTAL</b>	<b>443</b>	<b>TOTAL</b>	<b>323</b>

A continuación, se muestra el comportamiento típico de accidentes en una obra ejecutada mediante un sistema tradicional frente al sistema industrializado.

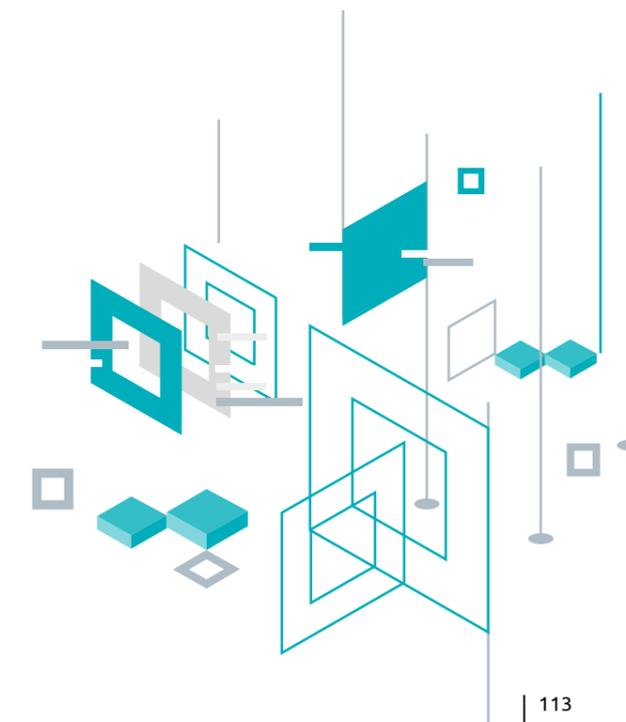


*“...en un sistema tradicional el número de riesgos a considerar es muy superior en comparación con el sistema industrial.”*

Con todos los datos referidos, podemos afirmar que, si bien la nueva forma de construir traerá consigo nuevos retos para la PRL, eliminará riesgos clásicos que hasta la fecha hacían que el sector de la construcción fuera uno de los que más siniestros sufrían. Por lo que la industrialización proveerá de entornos más seguros y saludables a los trabajadores, siendo este un plus sumado a la mayor sostenibilidad de los sistemas de construcción offsite que tendrán un importante impacto positivo en la sociedad. ■

LIBRO BLANCO SOBRE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

# Elementos Constructivos\_





**ESCRIBE:**  
**Peru Elguezabal Esnarrizaga**  
 Jefe de Proyecto de Construcción  
 Industrializada en Tecnalia

*Ingeniero Industrial con un Doctorado en el desarrollo de sistemas de fachadas solares térmicamente activas. Desde 2007 ejerce de investigador y gestor de proyectos en la División Building Technologies de Tecnalia. Experiencia profesional previa de 3 años tanto en empresas constructoras como en la industria del automóvil. Autor o coautor de varios artículos y ponencias científicas de carácter internacional. Participación como inventor en 4 patentes y 1 modelo de utilidad, todos ellos en productos de fachadas industrializadas.*

#### ELEMENTOS DE VALOR AÑADIDO

## — La industrialización como oportunidad para desarrollar sistemas de fachada tecnológicamente avanzados

La fachada es uno de los componentes más relevantes de los edificios, puesto que, no solo describe el aspecto y el carácter principal que adopta el conjunto, sino que, además, tiene una implicación directa en la mayoría de las prestaciones fundamentales del edificio como la térmica, acústica, estanqueidad al aire y agua, la seguridad o la privacidad. Aunque no tan frecuentes, existen incluso fachadas con capacidad estructural que permiten resolver edificios muy singulares.

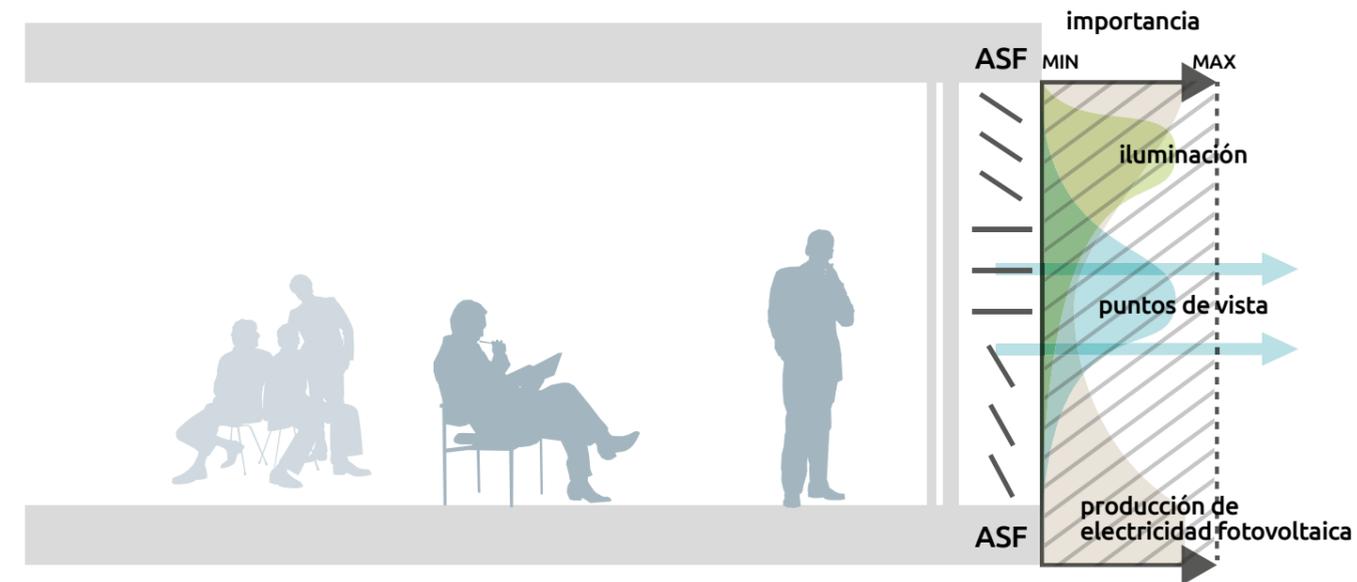
Dado el carácter privilegiado de la envolvente, estableciendo la frontera entre el interior, donde se busca maximizar el confort y las condiciones óptimas para el usuario y, el exterior, sujeto a la meteorología cambiante, las fachadas llevan años progresando hacia conceptos que se definen como una barrera entre esos dos territorios: interior y exterior.

Por ejemplo, en los edificios diseñados para tener un menor consumo de energía, se ha impuesto la necesidad de adoptar una estrategia basada en sistemas cuyo éxito radica en envolventes estancas y super aisladas que, prácticamente, permiten desacoplar ambos ambientes. Siguiendo esta tendencia, en el ámbito de la rehabilitación energética se considera que sistemas de fachada ventilada o SATE, son los que permiten mejorar el comportamiento de la fachada a base de superponer abundante aislamiento térmico a la fachada existente.

*“La industrialización de la construcción, como en cualquier otra industria, requerirá cambios drásticos en 3 ejes principales: las personas, los procesos y la tecnología.”*

Por otro lado, los productos y elementos vinculados a la envolvente plantean, en general, conceptos que se prestan de forma muy favorable a ser producidos y ensamblados empleando procesos industrializados. Soluciones multicapa, paneles sándwich, prefabricados o los elementos para huecos y ventanas, son sistemas que permiten un mayor nivel de elaboración que pueden ser premontados o ensamblados en el taller, frente a sistemas que, pieza a pieza, ladrillo a ladrillo, tradicionalmente se han construido y montado in situ. La industrialización permite elevar sustancialmente el nivel tecnológico y el desarrollo de la solución de fachada a conceptos de mayor complejidad y, en definitiva, posibilita la adopción de sistemas que proporcionan un mayor valor añadido al conjunto.

Si se toma en consideración el binomio proceso y producto, el concepto comúnmente aceptado para definir la construcción industrializada es aquel que persigue un trasvase de los procesos, trabajos, mano de obra y materiales desde la obra, ejecutada in situ, hacia la fábrica o talleres de ensamblaje (offsite), en una estrategia que requiere de la adopción de procesos y tecnologías avanzadas de fabricación, transporte y montaje (métodos modernos de construcción). De esta forma se persigue mejorar el control y calidad del proceso constructivo, con el objetivo último de, para un producto dado: el edificio, optimizar el proceso en términos de plazo,



**Fuente:**  
Nagy, Z., Svetozarevic, B., Jayathissa, P., Begle, M., Hofer, J., Lydon, G., ... Schlueter, A. (2016). The Adaptive Solar Facade: From concept to prototypes. *Frontiers of Architectural Research*, 5, 143–156.  
<https://doi.org/10.1016/j.foar.2016.03.002>

coste, calidad, seguridad y sostenibilidad en su aceptación más amplia. Es decir, el resultado final es el mismo, lo que cambia es la forma en la que se materializa. Pero cuando se adoptan nuevos procesos de producción avanzados con un salto tecnológico relevante, cabe esperar, también, productos más avanzados y de mayor valor añadido, debido a la relación directa que se establece entre los productos y los procesos asociados. Es en este escenario en el que apare-

cen productos que son técnica o económicamente viables gracias al propio proceso de fabricación y que, en una construcción tradicional no tienen cabida. A modo de ejemplo cabe destacar la materialización de elementos singulares customizados y fabricados mediante impresión 3D que son muy costosos si se emplean otras tecnologías habituales (moldeo, mecanizado...), o por otro lado, procesos de instalación in situ que gracias a una mayor automatización,



Fuente: [www.mdpi.com/1996-1073/13/3/597](http://www.mdpi.com/1996-1073/13/3/597)

empleando robots para el montaje, reducen drásticamente los plazos de ejecución en obra.

Llegados a este punto la función de la fachada no se debe limitar a ser simplemente la barrera que se establece entre el interior y el exterior. Ahora, la fachada se presta a adoptar diferentes funciones con un salto cualitativo que eleva su grado de complejidad y sofisticación.

Frente a soluciones de fachadas pasivas, que generan un “escudo protector” en la envolvente de los edificios y que

buscan aislar y desconectar el interior del exterior, se están comenzando a plantear soluciones y tecnologías para resolver envolventes activas y adaptativas que den una respuesta integral al conjunto del edificio. Se trata de soluciones que se fundamentan sobre un funcionamiento dinámico, de tal forma que se permita conectar y desconectar los ambientes interior y exterior según convenga.

Ya no consiste únicamente en incorporar las capas de una fachada al uso (cerramiento interior y exterior, aislamiento y barrera de vapor), también se trata de ensamblar todas las piezas en un elemento montado desde fábrica, que, por ejemplo, incorpore también las ventanas. La industrialización ofrece una oportunidad y una ventaja clara para plantear fachadas tecnológicamente avanzadas, incorporando otras tecnologías como la captación de fuentes renovables para resolver fachadas solares, sistemas para mejorar la calidad del aire y neutralización de contaminantes, soluciones de control solar y gestión de la iluminación o soluciones



Fuente: ETH zürich.  
<https://systems.arch.ethz.ch/research/active-and-adaptive-components/asf-adaptive-solar-facade.html>

energéticamente optimizadas; conceptos, todos ellos, que se fundamentan a su vez en tecnologías con un elevado nivel de digitalización y análisis de datos.

Plantear resolver estas fachadas in situ y, de forma tradicional implican desarrollos que no son técnica o económicamente viables, ni tampoco ofrecen garantías en el comportamiento y respuesta de estos productos de fachada sofisticados, debido entre otros, al bajo control en la calidad de la ejecución y mayor dificultad para combinar los sistemas en la obra.

*“...la fachada se presta a adoptar diferentes funciones con un salto cualitativo que eleva su grado de complejidad y sofisticación.”*

En el momento actual se identifica una clara oportunidad para, a través de la industrialización, resolver otro tipo de soluciones de fachada con prestaciones y comportamientos disruptivos.

No sólo cambia el proceso, también lo hace el resultado. ■



ESCRIBE:  
**Gabriel Bertolacci**  
 CEO Castelatto

*Graduado en Ingeniería Mecánica (ITBA), y Master en Dirección de Empresas (Deusto). En 2002 fundó Castelatto Ltda en São Paulo, Brasil, empresa, especializada en el desarrollo y producción de hormigón arquitectónico. Ha desarrollado su carrera profesional en industrias de bienes de consumo españolas.*

## HORMIGÓN ARQUITECTÓNICO

# — Construcción Industrializada y hormigón arquitectónico, una unión eficiente y sostenible.

En la construcción tradicional el hormi3n est3 presente principalmente en las estructuras, elemento fundamental en la sustentaci3n y estabilidad del proyecto.

Actualmente, con la llegada de la construcción industrializada, las mejoras productivas, el desarrollo de nuevos tipos de hormigón y los nuevos procesos innovadores para el tratamiento de superficies, el hormigón arquitectónico surge como un nuevo protagonista de la arquitectura mundial.

Hasta ahora el hormigón arquitectónico llegaba a la obra en la fase de finalización del proyecto, conllevando todo el trabajo, dificultades de mano de obra e ineficiencias que esto implica. Ahora es posible realizar la construcción industrializada de un proyecto donde el hormigón arquitectónico ya es parte de las estructuras de la obra.

Los acabados realizados en hormigón arquitectónico tienen como características principales la alta resistencia a la abrasión y compresión (superiores a 45 Mpa), permiten una gran variedad de colores y texturas, y posibilitan hacer realidad los más variados proyectos. Estos diseños exclusivos y elegantes son muy valorados por el consumidor y como consecuencia valoran la obra en todo su conjunto, aportando rentabilidad y elegancia.

Actualmente es posible lograr volumetrías, texturas y colores muy diferentes de lo hasta ahora conocido en el mercado, generando una gran oportunidad para los profesionales de la arquitectura y el diseño de crear y sorprender con proyectos únicos y con mucha personalidad.

#### VENTAJAS:

- ✓ La producción se realiza en instalaciones fijas, con estricto control de la calidad.
- ✓ Permite la producción automatizada y eficiente, ganando escala y reduciendo desperdicios.
- ✓ Los tiempos de obra se reducen notablemente y pueden ser más controlados porque las condiciones de trabajo son reguladas, sin factores naturales que la afecten.
- ✓ El uso eficiente de las materias primas y la energía de producción resulta en un proyecto sostenible, con reducción de emisiones y desperdicios.
- ✓ Como resultado, todo esto lleva a una consecuente reducción de costes.

#### Sostenibilidad del hormigón arquitectónico aplicado en la construcción industrializada:

Esta solución constructiva está en sintonía con las actuales necesidades de construir de forma sostenible y esto se consigue porque:

- Los recursos y materias primas utilizadas en un ámbito industrial son perfectamente controladas permitiendo la disminución de residuos, recortes y sobras.
- El hormigón arquitectónico posee acabados que sustituyen materiales de mayor impacto ambiental, como ser las líneas inspiradas en la madera, en el acero corten, en mármoles y granitos, y en muchos otros materiales hoy muy escasos o costosos.
- El mantenimiento de este hormigón consume muchos menos recursos durante la vida útil del material. Ejemplo: una madera en el exterior debe recibir mantenimiento a cada 1 o 2 años siendo que para el concreto eso no será necesario.

En los últimos años podemos observar una evolución acelerada en la tecnología del hormigón, y en especial en la producción del hormigón arquitectónico que tiene como objetivo el revestimiento y el acabado de las superficies, tanto sean verticales como horizontales. En esta evolución se destaca la gran reducción en el consumo de cemento por cada metro cúbico de hormigón mediante el uso de aditivos y adiciones, las nuevas técnicas de mezclado, evolución de los estudios de granulometrías y las modernas técnicas para el curado eficiente.

#### Hormigón arquitectónico fotocatalítico (Denox):

El hormigón arquitectónico es posible producirlo con un tratamiento superficial fotocatalítico conocido como Denox (degradación de los NOx).



En las áreas metropolitanas el problema de la contaminación del aire es una de las más graves amenazas a la calidad de vida de sus habitantes. En general son los automóviles los principales causantes de esta contaminación la cual está compuesta principalmente por óxidos y dióxidos de nitrógeno (NOx).

La tecnología Denox en el hormigón posibilita la reducción de hasta un 45% de estos agentes nocivos transformándolos en sustancias benéficas para la Naturaleza como son los nitratos (fertilizantes). La mayor eficiencia se consigue en ambientes de gran concentración de contaminación con NOx como los grandes centros urbanos.



### COLORES DEL HORMIGÓN ARQUITECTÓNICO:

En la coloración de este hormigón se utilizan exclusivamente pigmentos inorgánicos y los más utilizados son los óxidos de hierro. Estos óxidos son los responsables por los colores que encontramos en la naturaleza mineral. Las posibilidades de tonos van desde los amarillos, pasando por los beige, rojos, marrones y llegando hasta el negro.

La gran ventaja de este tipo de pigmentos es su resistencia a la intemperie y a los rayos UV del sol. Los colores no van a sufrir ninguna alteración durante la vida útil del producto.

### TEXTURAS

Las nuevas tecnologías permiten la elaboración de las texturas más diversas. Desde una superficie totalmente lisa y suave, sin ninguna imperfección, hasta acabados rústicos con estructuras fuertes, aleatorias y sin repeticiones. Y completando la gama de opciones con muchas alternativas intermedias como ser superficies tipo travertino, con agregados expuestos, con superficies pulidas, cepilladas o granalladas.



### FORMATOS:

En la construcción industrializada podemos aplicar el hormigón arquitectónico a posteriori de la fabricación de las placas estructurales, o fabricar estas estructuras ya con los acabados arquitectónicos desde el inicio. La elección del método a utilizar dependerá de muchos factores vinculados a los procesos de producción y a los formatos elegidos. Estos formatos van desde pequeñas piezas tipo ladrillos, hasta placas de grandes dimensiones. Y las opciones atienden todos los estilos arquitectónicos, desde lo rústico hasta lo geométrico y contemporáneo, con líneas rectas y ángulos marcados. Algunos de estos formatos poseen gran volumetría generando efectos de luz y sombra diferentes en cada momento del día y la noche.



### COMPLEMENTO INDISPENSABLE, LA ILUMINACIÓN

Todas estas características del hormigón, sus colores, formatos, volúmenes y texturas tendrán siempre una posición de destaque si se realiza una correcta iluminación. Especialmente con las nuevas técnicas a base de led es posible realizar variados efectos que realzan y dan personalidad al proyecto, tanto en ambientes externos cuanto internos. La profundidad, rugosidad y volumetría se ven aumentadas y ganan en elegancia y exclusividad.



### RESUMEN

La construcción industrializada con la aplicación del hormigón arquitectónico es una opción moderna, que respeta el medio ambiente y brinda un resultado estético y técnico incomparable. ■



ESCRIBE:

**Julen Astudillo Larraz**

Responsable de Envoltentes Activas y Adaptativas en Tecnalía

Arquitecto y Master de rehabilitación del patrimonio arquitectónico. Actualmente pertenece a la División de Building Technologies de TECNALIA. Tiene una experiencia de 19 años desarrollando proyectos de investigación nacionales y europeos relacionados con la envolvente, la arquitectura y la construcción. Miembro del CEN TC 33 WG6 Curtain Walling y organizador del Congreso Internacional de envoltentes arquitectónicas (ICAE2018 en su última edición)

## ELEMENTOS DE VALOR AÑADIDO

## — Instalación de fachadas mediante sistemas robóticos

La construcción es un sector en el que la mayoría de los procesos relacionados con la ejecución de los edificios se realiza de forma manual con los problemas que esto conlleva en muchas ocasiones (pérdida de calidad en el elemento ejecutado, retrasos, problemas de seguridad, etc.) y en el que la robótica, la automatización y, por ende, la industrialización no ha tenido, de momento, un impacto considerable como sí ha pasado en otros sectores (como el de la automoción, industria, etc.).

Asimismo, y derivado de esta manualidad en los trabajos (en muchos casos peligrosos) es uno de los sectores que presenta mayores problemas de siniestralidad tanto a nivel nacional como europeo. En España, presenta el mayor número de accidentes con baja por cada 100.000 trabajadores afiliados: un número total de 7.739 en 2018 con 2.000 más que el siguiente sector en el ranking.<sup>1</sup>

En el caso concreto de la instalación de sistemas de fachadas existe, además, una mayor problemática al tratarse de trabajos en altura que generan situaciones de mayor riesgo para los trabajadores. Adicionalmente es necesario reseñar, en el caso específico de las fachadas, la escasa automatización del paso final de instalación de este tipo de sistemas (a diferencia de la forma en la que se fabrican), lo que en muchos casos genera problemas relacionados con la calidad de ejecución (humedades, filtraciones de aire, etc.).

Es por ello por lo que, desde diferentes ámbitos, se está planteando la posibilidad de solventar este tipo de problemas introduciendo sistemas que mejoren este último paso automatizando, en la medida de lo posible, los trabajos relacionados con la instalación en el edificio de

<sup>1</sup> Fuente Randstad: <https://www.randstad.es/nosotros/sala-prensa/la-tasa-de-siniestralidad-se-reduce-por-primera-vez-en-cinco-anos-mientras-crece-la-ocupacion/>

estos módulos de fachada. De esta manera se contribuye a una mayor industrialización del sector de la construcción con el objetivo final de construir los edificios de la misma manera en la que se fabrica un vehículo, esto es, en un ambiente altamente industrializado y controlado. Un ejemplo de los trabajos que se están realizando con vistas a conseguir este objetivo de alta industrializa-



ción-automatización se puede encontrar en el proyecto Hephaestus “Highly automatEd PHysical Achievements and PerformancES using cable roboTs Unique Systems” financiado por el programa de investigación Horizon 2020 de la Comisión Europea y liderado por TecNALIA.

En el proyecto Hephaestus se propone una forma automatizada para instalar fachadas, proporcionando al final

una solución completa, no solo altamente industrializada en producción (los sistemas de fachada utilizados son sistemas modulares que se montan íntegramente en fábrica), sino también, en su instalación y mantenimiento. El proyecto Hephaestus también tiene como objetivo introducir la robótica en el mundo de la construcción para incrementar la calidad de los productos finales, aumentar la rapidez de instalación y reducir los riesgos asociados a la instalación de este tipo de sistemas. Con ello se pretende potenciar y fortalecer el sector de la construcción en Europa y posicionar la industria robótica europea en este sector como un actor importante en los nuevos procesos de digitalización y automatización.

El proyecto se basa en la utilización de un robot de cables (fotografías 1 y 2) para el desplazamiento a lo largo de la fachada y dos sistemas de manipulación o “end-effectors”. El primero (fotografías 4 y 5) realiza las tareas de colocación de los anclajes que necesitan el módulo de fachada (perforación de los huecos en los forjados, colocación del anclaje en su posición final y atornillado del mismo al forjado). El segundo recoge y mueve el muro cortina hasta llevarlo a su posición final (fotografías 3 y 6). El sistema cuenta con un control avanzado de todo el proceso, así como su conexión con un modelo BIM (Building Information Modeling) del edificio. El robot desarrollado podrá ser utilizado, con ligeras modificaciones, para realizar el mantenimiento y limpieza de este tipo de fachadas una vez finalizada la instalación sustituyendo las tareas que

hacen en la actualidad las grúas tipo “góndola”.

En el proyecto colaboran empresas de diferentes sectores y países: TECNALIA (España): Coordinador del proyecto y a cargo de los trabajos de desarrollo del robot de cables y relacionados con los sistemas constructivos de envolvente; la Universidad de Munich (Alemania) encargada del desarrollo e implementación de los end-effectors; el centro Fraunhofer-IPA (Alemania) y el CNRS-LIRMM (Francia): a cargo del sistema de cálculo y posicionamiento del robot; CEMVISA VICINAY (España): encargado de la fabricación de los motores que mueven el sistema y comercializador futuro de la solución; NLINK AS (Noruega): encargados del desarrollo junto con la Universidad de Munich del end-effector que instala los anclajes; FOCCHI SPA (Italia): a cargo del desarrollo del sistema modular de muro cortina que se ha empleado en el proyecto; ACCIONA Construcción (España): usuario final del sistema y validador del mismo; R2M SOLUTION LTD (Reino Unido): a cargo de las tareas relacionadas con la diseminación y explotación del proyecto.





01 Estructura de simulación y robot en las instalaciones de Tecnalia para los primeros tests de funcionamiento.



02 Estructura de simulación en las instalaciones de Acciona para la verificación final del funcionamiento.



03 Detalle de la estructura en la que se alojan los sistemas de manipulación para la colocación de los anclajes y para el movimiento del robot.



04 Detalle del sistema (end-effector) que instala los anclajes de los muros cortina.



05 End-effector instalando los anclajes del muro cortina.

06

Movimiento del sistema de fachada (muro cortina de vidrio con el robot de cables hasta su posición final).



Fuente: Tecnalia

## Hephaestus

El proyecto, cuya investigación no ha terminado todavía (lo hará en diciembre del 2020), cuenta ya con resultados en forma de prototipos. Dos demostradores: uno en las instalaciones de Tecnalia en Derio (Bizkaia) (fotografía 1) y el demostrador final en las instalaciones de Acciona Construcción en Noblejas (Toledo) (fotografía 2). En estos demostradores se están realizando las pruebas finales de uso del sistema en condiciones reales para verificar su funcionamiento en un edificio con estructura de hormigón y comprobar la forma en la que se instalan los diferentes paneles en la estructura del edificio y validar que todos los sistemas funcionan correctamente.

El desarrollo del proyecto Hephaestus ha permitido comprobar que es factible utilizar sistemas automatizados para la instalación de fachadas mejorando la seguridad y aumentando la calidad final de los mismos, así como reduciendo los tiempos necesarios de instalación. El proyecto es un primer avance en esta dirección que permitirá que, en los próximos años, este tipo de soluciones puedan empezar a ser utilizadas por el sector de la construcción para aumentar su eficiencia y seguridad.



Más información en la web del proyecto: <http://www.hephaestus-project.eu/> y en el siguiente vídeo en el que se puede ver un resumen de los componentes con los que cuenta el sistema (<https://youtu.be/FmpbLwmz2OY>) y su funcionamiento en las instalaciones de Tecnalia en Derio (Bizkaia). ■



ESCRIBE:

**Jose Fenollosa**

Gerente de Butech.

Empresa de Porcelanosa Grupo

*Licenciado en Empresariales por la Universitat Jaume I de Castellón. Sus conocimientos en idiomas le llevaron a formar parte del dpto. de Exportación de Porcelanosa, encargándose de los países francófonos, Antillas y Sudáfrica y posteriormente Francia. En 2003 asume la gerencia de Butech, firma de PORCELANOSA Grupo especializada en soluciones constructivas.*

## INDUSTRIALIZACIÓN

# — MONOBATH, el baño industrializado con la calidad y garantía PORCELANOSA

En la actualidad, el sector constructor-inmobiliario se enfrenta a nuevos retos derivados de las condiciones actuales del mercado. Entre ellas, la mayor exigencia en calidad se combina con plazos de entrega más cortos y una menor disponibilidad de mano de obra especializada. Ante esta situación, tanto el desarrollo de nuevas soluciones constructivas y la aplicación de procesos industriales, como la utilización de elementos prefabricados, se convierte en una necesidad.



A pesar de los grandes avances experimentados en el sector de la construcción, hay partidas, como la construcción de cuartos de baño, que siguen ejecutándose de forma totalmente artesanal. Este sistema limita la incorporación de nuevos materiales e impide la mejora de los procesos productivos. Si analizamos cómo han sido resueltos estos problemas en otros mercados, la utilización de baños industrializados pasa a ser una opción a tener en cuenta. PORCELANOSA responde a esta necesidad poniendo en marcha el proyecto MONOBATH. Este sistema constructivo consiste en cuartos de baño industrializados, con todos sus componentes completamente instalados, listos para ser colocados directamente sobre el forjado y ser conectados

a las diferentes redes de electricidad, agua, saneamiento y ventilación. Todo con la calidad de acabados y atención al cliente que caracteriza PORCELANOSA. MONOBATH suma la exclusividad de los materiales, calidad de acabados y garantía PORCELANOSA a las ventajas que ofrecen otros sistemas prefabricados como la reducción en los plazos de entrega o mejora en el control y trazabilidad del proyecto. Un solo interlocutor con amplia experiencia en ejecución de baños y cocinas que combina a la perfección, construcción industrializada y diseño de interiores. Este proceso de externalización, en el que la gestión de todos los oficios relacionados con la construcción de cuartos de baño se realiza fuera de la propia obra, ofrece múltiples ventajas, liberando a la dirección de obra de una importante carga de trabajo, reduciendo plazos de ejecución y asegurando fechas de entrega.

Además, el sistema de baños industrializados de PORCELANOSA ofrece total libertad de diseño, adaptando todos

*“...sector de la construcción, hay partidas, como la construcción de cuartos de baño, que siguen ejecutándose de forma totalmente artesanal.”*

los elementos del baño a las necesidades del proyecto y desarrollando soluciones técnicas tanto para producciones grandes como pequeñas. La única limitación es el tamaño máximo que admite el medio de transporte. La estructura de los baños MONOBATH se caracteriza por su resistencia. A partir de una base de hormigón armado se construye una estructura de perfiles de acero galvanizado

*“...la construcción de cuartos de baño se realiza fuera de la propia obra, ofrece múltiples ventajas, liberando a la dirección de obra de una importante carga de trabajo, reduciendo plazos de ejecución y asegurando fechas de entrega.”*

realizada con tecnología Steel Framing. Ésta combina fuerza y ligereza y, si el proyecto no indica lo contrario, no se considera como estructura portante.

Dada la presencia continua de agua en este tipo de espacios, la base del módulo se suministra completamente impermeabilizada, lo que, unido al revestimiento cerámico del suelo, la protege contra cualquier fuga o filtración de agua. Además, para facilitar su instalación, cada módulo se entrega montado sobre soportes de neopreno que garanti-

zan un correcto aislamiento acústico y permiten compensar eventuales irregularidades del soporte. Esta estructura se cubre, tanto en paredes como techo, con los paneles de yeso laminado o cemento reforzado con fibras que mejor se ajusten a las especificaciones del baño, sobre todo en lo referente a la resistencia al contacto con el agua y al aislamiento acústico. Si el proyecto así lo especi-





ca, se puede mejorar el aislamiento acústico y térmico. MONOBATH incluye todas las instalaciones eléctricas e hidráulicas necesarias para el funcionamiento del baño e incluso si es necesario, calefacción por suelo radiante. Dada su gran importancia en el funcionamiento del mismo, su ejecución se lleva a cabo según las normas exigibles y es realizada por parte de personal especializado, aplicándose los más rigurosos controles de calidad.

Por otro lado, dado que estos baños tienen que transportarse y manipularse hasta su posición final en la obra, se tiene

un especial cuidado en el embalaje y protección del módulo hasta su entrega al cliente. Éste se envuelve con una lámina de polietileno y refuerza con elementos de protección. En esta línea, MONOBATH se suministra completamente cerrado, con una puerta provisional atornillada al premarco para

garantizar que el baño no sufra ningún desperfecto hasta su puesta definitiva en obra.

Es en la partida de acabados donde MONOBATH marca la diferencia. Todos los materiales utilizados pertenecen a las diferentes firmas de PORCELANOSA Grupo y su puesta en servicio corre a cargo de profesionales con amplia experiencia en la colocación de cerámica y complementos de baño.

Así, en un espacio controlado de trabajo, utilizando solo los materiales de colocación recomendados por el fabricante y con los mejores profesionales del sector, se consiguen cuartos de baño industrializados, con la misma calidad y diseño que una exposición PORCELANOSA.

La mejor cerámica solo puede disfrutarse cuando ha sido colocada correctamente. De nada sirve utilizar los mejores materiales si durante su instalación se producen desper-



fectos que tienen que ser reparados antes de su entrega al cliente. Un servicio de post venta que se reduce, o prácticamente se elimina, con los módulos MONOBATH.

Todos los modelos de PORCELANOSA Grupo pueden utilizarse en este tipo de baños sin más restricción que las dimensiones del espacio disponible. Desde los mosaicos más exclusivos de L'ANTIC COLONIAL a los laminados cerámicos

de gran formato de URBATEK. Esta libertad de elección de materiales, unida a la amplia variedad de complementos y accesorios de PORCELANOSA Grupo, permiten el diseño de baños industrializados con la misma creatividad que cualquier otro fabricado en la propia obra.

Otro elemento a tener en cuenta es que la instalación de los diferentes complementos como cerámica sanitaria, griferías, platos de ducha, espejos o demás accesorios, es

Disponer de un solo interlocutor para una parte de la construcción, en la que intervienen tantos oficios y que juega un papel fundamental en el diseño y decoración de un edificio, es una gran ventaja que libera tiempo y energías. Si además añadimos el saber hacer y solidez de una empresa como PORCELANOSA, este nuevo concepto de baño modular pasa a ser una excelente solución.



supervisada directamente por técnicos de GAMADECOR, NOKEN y KRION, las empresas de PORCELANOSA Grupo especializadas en estos tipos de productos. La coincidencia entre proveedor de materiales, instalador y fabricante se convierte en la mejor garantía de este tipo de baño industrializado.

El objetivo de MONOBATH es apoyar la evolución del sector de la construcción y promoción inmobiliaria con soluciones industriales que reducen plazos de entrega, ajustan costes y crean más valor para el cliente. Una apuesta de futuro para la construcción de hoy. ■

---

*“El futuro está aquí hoy, simplemente no está distribuido de manera uniforme.”*

*William Gibson*

---

## Epílogo

# — ¿Cuál es el futuro de la industria de la construcción?

**Por Antonio Martín Jiménez**  
*Presidente Grupo Avintia*

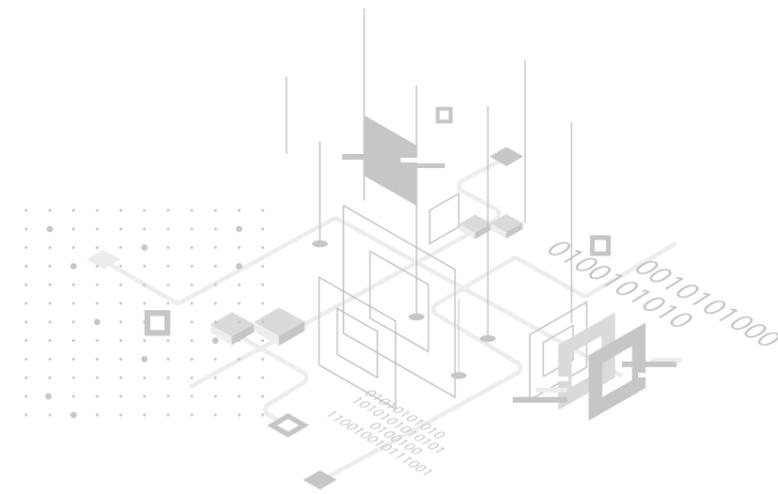
El mundo de hoy está listo para impulsar a la industria de la construcción a una redefinición de sus propios estándares a través de un reconocimiento final de los desafíos existentes y la explotación de oportunidades florecientes.

Con la población mundial creciendo y a punto de llegar a los 8.500 millones al final de la década, se deben construir más de 13.000 edificios a un ritmo diario, junto con la infraestructura de apoyo.

Para satisfacer las necesidades de nuestra creciente población y el fuerte aumento de la demanda que seguirá, las acciones proactivas serán la piedra angular del inicio de un nuevo capítulo. Será necesario definir estrategias audaces a corto y largo plazo, teniendo en cuenta nuestras realidades actuales en torno a la escasez de mano de obra cualificada, la escasez de recursos y

los impactos ambientales. El legado histórico del ecosistema de la construcción apenas ha cambiado a lo largo de los siglos. Sin embargo, hoy se nos ofrece una manera real de escalar la industria de manera responsable y, finalmente, aprovechar la ocasión mediante la adopción de principios de producción de diseño para fabricar junto con las tecnologías digitales emergentes.

Estamos en un punto de inflexión para la industria de la construcción. COVID-19 ha alterado las condiciones operativas. Sin embargo, también acelerará el cambio a largo plazo dentro de nuestro sector, haciendo que la innovación sea esencial para enfrentar este desafío en un escenario que ya no es futurista, sino un “aquí hoy”.



# — Colaboradores



[coam.org](http://coam.org)

El Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM) es la corporación pública que representa y defiende los intereses de los arquitectos de Madrid, así como los valores culturales y medioambientales de la Arquitectura en beneficio de la sociedad. Para conseguirlo, emprende las acciones necesarias con el fin de evitar el intrusismo profesional y hacer cumplir las normas técnicas, de competencia y propiedad intelectual características de la profesión.



[kommerling.es](http://kommerling.es)

Pertenciente a la empresa Profine Iberia, KÖMMERLING es líder europeo en la fabricación y distribución de perfiles de PVC para ventanas, puertas, persianas y contraventanas. Cuenta con una Red Oficial de más de 120 fabricantes y 400 puntos de venta oficiales (entre España y Portugal), así como varios puntos de distribución en varios países de Latinoamérica. Diversas certificaciones avalan su riguroso sistema de calidad.



[metrovacesa.com](http://metrovacesa.com)

Promotora inmobiliaria con 100 años de historia, su actividad principal se centra en la promoción y venta de viviendas. En la actualidad, cuenta con la mayor bolsa de suelo líquida del mercado español, con una superficie total de más de 6 millones de m2 edificables. El valor de mercado de sus activos (GAV) alcanza los 2.606 millones de euros en diciembre de 2018.



[grupoavintia.com](http://grupoavintia.com)

Grupo Avintia, cuyo core business es la construcción, abarca de forma integral toda la cadena de valor del ciclo constructor-inmobiliario. Con gran capacidad para afrontar grandes retos, ofrece, a través de la innovación, soluciones para aportar valor añadido y hace de la calidad una característica de todos sus proyectos.



[vollert.de](http://vollert.de)

Especialistas, desde hace más de 90 años, en tecnología punta de maquinaria e instalaciones para fábricas de última generación. Con proyectos llevados a cabo en todo el mundo, su pasión y entrega les convierte en líderes tecnológicos e innovadores de los mercados en los que están presentes.



[picharchitects.com](http://picharchitects.com)

Despacho de arquitectura con un enfoque internacional y sede principal en Barcelona. Han desarrollado proyectos de arquitectura, obras y planeamiento en el ámbito privado y el público, con el objetivo de aportar tecnología e innovación en el sector de la construcción y la sostenibilidad.



[se.com](http://se.com)

Schneider Electric, especialista global en gestión de la energía y automatización, ofrece soluciones integrales para lograr una mayor eficiencia y sostenibilidad en más de 100 países, combinando tecnologías energéticas líderes en el mundo, automatización en tiempo real, software y servicios.



[tecnalia.com](http://tecnalia.com)

TECNALIA es un centro de investigación y desarrollo tecnológico referente en Europa, con 1.400 expertos de 30 nacionalidades, orientados a transformar la tecnología en PIB para mejorar la calidad de vida de las personas, creando oportunidades de negocio en las empresas. Sus principales ámbitos de actuación son: transformación digital, fabricación avanzada, transición energética, movilidad sostenible, ecosistema urbano y salud.



[cemexventures.com](http://cemexventures.com)

CEMEX Ventures es el capital riesgo corporativo de CEMEX. Invierte en innovadoras startups de construcción, emprendedores, universidades y otras entidades para impulsar la revolución de la industria de la construcción. Enfocada en construir edificios y ciudades inteligentes, optimizando el proceso de diseño y especificación de proyectos de construcción con soluciones innovadoras para su diseño, ingeniería y planificación.



[avintiaimmobiliaria.com](http://avintiaimmobiliaria.com)

Promotora inmobiliaria que ofrece soluciones integrales para el mercado inmobiliario en tres líneas de acción: desarrollo de proyectos con socios promotores, entidades financieras y/o fondos de inversión; promociones propias para venta y modelo "Build to Rent" pensado desde el inicio para alquiler residencial de larga estancia.



[neinorhomes.com](http://neinorhomes.com)

Especializada en promoción residencial de primeras y segundas viviendas de calidad, Neinor Homes concentra su actividad de los mercados de mayor demanda y menor stock. A cierre del ejercicio de 2019, había entregado 1.300 unidades y obtenido un beneficio neto de EUR 64 millones.



[castelatto.com.br](http://castelatto.com.br)

Castelatto ofrece soluciones en pavimentos y revestimientos arquitectónicos fabricados en hormigón para todos los espacios y estilos.



[butech.net](http://butech.net)

Butech es la rama de ingeniería del Grupo PORCELANOSA para el desarrollo de soluciones técnicas y la ejecución de proyectos. De esta inquietud nace UNIT-SYSTEM, un sistema de fabricación industrializada con el que las piezas de cada estancia salen montadas desde fábrica, como Monobath y Monokitchen.



NOV. 2020. AVINTIA INDUSTRIAL

**Libro Blanco sobre la  
Industrialización de  
la Construcción\_**





NOV. 2020  
AVINTIA INDUSTRIAL

**Libro Blanco**  
**sobre la Industrialización**  
**de la Construcción**

**Avintia**  
Grupo

[grupoavintia.com](http://grupoavintia.com)

## GRUPO AVINTIA PRESENTA EL I LIBRO BLANCO “LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN”

- El grupo industrial líder del sector constructor-inmobiliario ha contado con la participación de 22 autores de organismos y empresas de primer nivel para la elaboración de 20 artículos divididos en 4 temáticas, en los que se abordan los diferentes ámbitos de la Industria 4.0 trasladada al sector de la construcción.
- En el acto de presentación han intervenido Francisco Javier Martín Ramiro, director general de Vivienda y Suelo (MITMA); Fernando Catalán, presidente del Consejo Asesor de INMOMAT (COAM); Antonio Martín Jiménez, presidente de Grupo Avintia; y José Ignacio Esteban, director general de Avintia Industrial.
- Algunas de las compañías líderes que han intervenido en la elaboración del I Libro Blanco son CEMEX Ventures, KÖMMERLING, Schneider, Metrovacesa, Vollert, Butech, Porcelanosa o Neinor Homes, entre otras.
- La guía está a disposición de la industria constructora-inmobiliaria para compartir el *know how* de distintos perfiles profesionales con el fin de fomentar el conocimiento y la penetración de la construcción industrializada en el mercado español.

**[Madrid, miércoles 2 de diciembre de 2020] - Grupo Avintia**, grupo industrial líder del sector constructor-inmobiliario, ha presentado hoy miércoles el **Libro Blanco “La Industrialización de la Construcción”**, con el objetivo de poner a disposición de todo el sector una guía para entender el proceso de la Industria 4.0 en el ámbito constructor-inmobiliario.

Compuesto por un total de 20 artículos, repartidos en cuatro capítulos relacionados con la construcción industrializada, y con el objetivo de servir de referencia para un sector en imparable avance, el ‘**Libro Blanco**’ ve hoy la luz gracias a las aportaciones de 22 profesionales que ejercen en organismos de primer nivel, así como en compañías líderes en sus respectivos mercados.

### **Una guía referente y sin precedentes en la Industria 4.0**

Expertos de **Cemex Ventures, Kömmerling, Castellatto, Vollert, Neinor Homes, Schneider Electric España, Butech | Porcelanosa, Metrovacesa, Tecnia, el Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM), Pitch Architects y Grupo Avintia** abordan los diferentes ámbitos de la Industria 4.0 trasladada a la construcción, un sector cuya transformación supone un verdadero reto para sus actores y pone de manifiesto la importancia de la colaboración entre todos ellos para un desarrollo sostenible de la construcción industrializada.

Así, el manual se estructura en cuatro temáticas principales - **“Construcción Industrializada: rompiendo un paradigma”, “Transformación digital”, “Nuevo modelo, nuevas perspectivas”** y **“Elementos constructivos”** – sumando en total una veintena de artículos sobre nuevas prácticas ya en marcha y el futuro de la construcción, firmados por los líderes del sector.

Con esta publicación, Grupo Avintia ratifica su firme compromiso con el impulso a la innovación y la construcción industrializada que mantiene desde hace años, ámbito en el que ya se posiciona como referente en España. Así lo ha recordado **Antonio Martín Jiménez, presidente de Grupo Avintia**, durante el acto de presentación de este primer Libro Blanco: *“la industrialización supone un cambio en la mentalidad de todos los actores que formamos parte activa de este sector. Un hecho que, sin duda, implica una transformación integral en la manera de abordar el proceso constructivo de principio a fin. En Grupo Avintia somos, desde hace tiempo, conscientes de ello y estamos siendo impulsores de este cambio, por ello el objetivo que perseguimos con este Libro Blanco es compartir nuestro ‘know how’ para conseguir una mayor penetración y calado de la construcción industrializada en el mercado español”*.

En este sentido, ha aprovechado su intervención para agradecer a todas las compañías y expertos que han hecho posible el Libro Blanco aportando su visión, conocimiento y experiencia desde una perspectiva transformadora, con la industrialización del sector como eje transversal y de forma especialmente didáctica. Además, ha querido resaltar la importancia que tiene en el contexto actual potenciar la industrialización en el mercado español de un sector tradicionalmente conservador.

Por su parte, **Jose Ignacio Esteban, director general de Avintia Industrial**, ha resaltado que *“la construcción industrializada ha llegado para quedarse, pasando de ser una tendencia a ser una realidad tras dinamitar lo establecido hasta ahora”*. A lo que ha añadido que *“la industrialización es uno de los retos del sector para mejorar los procesos constructivos y disminuir los impactos negativos de esta actividad gracias a las tecnologías existentes y venideras, sin perder de vista, en ningún momento, que hay que hacerlo en un contexto sostenible, tal y como demanda el mercado actual”*.

También ha querido acompañar a Grupo Avintia en este día **Fernando Catalán, presidente del Consejo Asesor de INMOMAT (COAM)**, quien ha afirmado que *“los arquitectos sabemos bien la cantidad de intentos que ha habido en las últimas décadas para implantar sistemas de construcción industrializada. Muchos han sido fallidos, pero hoy todo ha cambiado ya que las tecnologías actuales, así como las circunstancias, han evolucionado. La falta de mano de obra o los interminables plazos, entre otros factores, hacen que el sector mire firmemente hacia la construcción industrializada”*. Fernando Catalán, al igual que José Ignacio Esteban, ha enfatizado la necesidad de encaminar nuestros pasos hacia la sostenibilidad ya que, en este aspecto, entre otros muchos, *“la industrialización de la construcción va a jugar un papel importantísimo, ya que es infinitamente menos contaminante que los sistemas tradicionales de construcción”*.

El responsable de cerrar el acto ha sido **Francisco Javier Martín Ramiro, director general de Vivienda y Suelo (MITMA)**, así como del editorial del ‘Libro Blanco’, donde señala que, a diferencia de la crisis de la década anterior, la crisis actual se ha encontrado con un sector de la construcción renovado y con altura de miras, que avanza hacia su transformación en torno a la digitalización y la industrialización, para lo que *“hay que apostar por la calidad, la innovación, la sostenibilidad y, por supuesto, por la profesionalización, conceptos esenciales para dar respuesta a esa vivienda digna y adecuada que la ciudadanía exige”*. Martín Ramiro también ha indicado que *“el mercado de la vivienda está experimentando una transformación motivada por cambios socioeconómicos y culturales”*, a lo que añade que *“el sector encontrará en la*

*industrialización la respuesta a estos conceptos y a una demanda de viviendas que cuantitativa y cualitativamente debe ser capaz de responder a las necesidades de las nuevas generaciones”. Además de la calidad y la sostenibilidad, ha señalado la colaboración como otro factor clave ya que la industrialización trae consigo “un proceso colaborativo indispensable; ya no solo entre empresas, sino entre todos los agentes que intervienen en el proceso constructivo”.*

## **Firme compromiso con el impulso de la construcción industrializada**

El ‘Libro Blanco’ es un paso más en la firme apuesta de Grupo Avintia por la industrialización, compañía que recientemente ha lanzado **ÁVIT-A**, su **sistema integral de construcción industrializada** basado en un nuevo modelo constructivo y colaborativo con el que está generando un **ecosistema de I+D+i junto con marcas internacionales líderes del sector**. ÁVIT-A concibe la construcción como el proceso que abarca desde el diseño y fabricación hasta el ensamblaje, utilizando para ello las técnicas más innovadoras e integrando las soluciones específicamente desarrolladas por los partners para los proyectos dentro de la cadena de producción y montaje.

ÁVIT-A viene a cambiar el paradigma del sector constructor al dar lugar a un nuevo proceso constructivo industrial **basado en la innovación y en la colaboración con el objetivo de que casi el 100% de los elementos estructurales de la construcción sean industrializados**, es decir, lleguen a la obra para ser ensamblados.

### **Foto adjunta:**



**Pie de foto:** De izquierda a derecha, José Ignacio Esteban, director general de Avintia Industrial; Fernando Catalán, presidente del Consejo Asesor de INMOMAT (COAM); Antonio Martín Jiménez, presidente de Grupo Avintia; y Francisco Javier Martín Ramiro, director general de Vivienda y Suelo (MITMA).

**I Libro Blanco:** “La Industrialización de la construcción” de Grupo Avintia: adjunto.

---

### **Acerca de Grupo Avintia**

Grupo Avintia, cuyo *core business* es la construcción, abarca, gestiona y controla de forma integral, toda la cadena de valor del ciclo constructor-inmobiliario: desde el desarrollo del suelo, hasta la gestión inmobiliaria, pasando por el desarrollo y ejecución de proyectos.

La Compañía, nacida como constructora en 2007, supera actualmente los 1.300 empleados y se ha posicionado como uno de los grupos industriales más activos en el ámbito de la construcción, siendo líder en edificación en España, y compañía puntera de referencia dentro del sector, gracias a sus sistemas de gestión y *management* propios y a su cultura corporativa innovadora.

Grupo Avintia organiza su actividad en torno a cinco divisiones: Construcción, Industrial, Inmobiliaria, Energía y Servicios, con las que pretende dar respuesta a los nuevos retos sociales y del mercado y poner el mismo sello de calidad y excelencia en todos los proyectos que emprende. Más información: <https://grupoavintia.com/>



*\*\*Esta comunicación se le ha enviado a partir de los datos de contacto que Usted ha tenido la amabilidad de facilitarnos. Si desea cambiar su dirección de correo electrónico o no desea recibir nuestros mensajes informativos, puede indicarlo enviando un e-mail a "datos@tinkle.es" poniendo en el asunto "DAR DE BAJA". Más información en <https://www.tinkle.es/legal-y-datos/>. Su petición será efectiva en un período máximo de un mes.*



# **CURSO/GUÍA PRÁCTICA DE EDIFICACIÓN INDUSTRIALIZADA/ CONSTRUCCIÓN FUERA DE OBRA**

**Industrialización  
de la construcción / edificación.  
Prefabricación**





## Índice

<b>¿QUÉ APRENDERÁ?</b>	<b>14</b>
<b>Introducción</b>	<b>15</b>
La construcción fuera de obra (off site construction)	15
La construcción de estructuras prefabricadas	16
La construcción modular	16
TÉCNICAS INDUSTRIALES MODERNAS	16
Ahorrar tiempo	17
Mejor calidad.	17
Costes más bajos.	17
Ambiente de trabajo mejorado.	17
Impacto ambiental reducido.	18
BARRERAS A LA EDIFICACIÓN INDUSTRIALIZADA	18
Un problema de imagen.	18
Inflexibilidad y diseño uniforme.	18
Regulación y códigos locales de construcción.	18
Aversión al riesgo.	19
ROMPER LAS BARRERAS	19
Escasez de profesionales de la construcción.	19
El BIM. La revolución tecnológica de la construcción.	20
Inversión social en vivienda	20
LOS MERCADOS Y LAS PERSPECTIVAS	20
IMPLICACIONES ESTRATÉGICAS	21
Contratistas Generales	22
Los fabricantes de materiales de construcción	22
Los arquitectos e ingenieros	23
Los promotores inmobiliarios y los inversores inmobiliarios	23
<b>PARTE PRIMERA</b>	<b>24</b>
<b>Historia de la industrialización de la construcción / edificación.</b>	<b>24</b>
<b>Capítulo 1. Historia de la industrialización de la edificación (desde Le Corbusier a Torroja)</b>	<b>24</b>
1. Le Corbusier: maquinas de vivir: viviendas industrializadas como Ford.	24
2. Coste de construir coches: baja, viviendas: sube.	29
3. Eduardo Torroja: la necesidad de viviendas económicas.	30
4. Inicios de la prefabricación de viviendas (Estados Unidos, Francia y Alemania).	33
<b>Capítulo 2. La reconversión industrial del sector de la construcción / edificación.</b>	<b>39</b>
1. Mano de obra cualificada y menos accidentes laborales.	39
2. Desaparecen los "imprevistos" de la obra.	40
3. Ahorro en transporte y almacenaje en obra.	40
4. Mejora medioambiental. Gestión de residuos.	40
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>41</b>
Evolución histórica de la industrialización en la edificación. Defectos en los prefabricados del siglo XX (defectos estructurales como los de cerramientos de fachada y cubierta).	41
<b>Capítulo 3. La diferencia entre industrialización y prefabricación.</b>	<b>60</b>



1. La industrialización es un proceso organización en la producción de edificios. ____	60
2. La prefabricación es la producción de elementos constructivos, una forma de manifestarse la industrialización. _____	61
3. Índice de industrialización _____	61
<b>TALLER DE TRABAJO. _____</b>	<b>63</b>
<b>Sistemas modulares como solución edificatoria alternativa a la construcción tradicional in situ. _____</b>	<b>63</b>
La alternativa a la construcción convencional es la externalización de los elementos constructivos en centros de producción, la prefabricación. _____	63
<b>Capítulo 4. Ventajas y desventajas de la prefabricación edificatoria. _____</b>	<b>71</b>
<b>1. Ventajas _____</b>	<b>71</b>
a. Calidad de los materiales _____	71
b. Reducción en los plazos de ejecución _____	71
c. Reducción de equipos de obra _____	71
d. Mano de obra especializada. _____	72
e. Reducción de costes. _____	72
<b>2. Desventajas _____</b>	<b>72</b>
a. Diseño (vivienda prefabricada). _____	72
b. Gastos de transporte e inversión inicial. _____	72
<b>Capítulo 5. Críticas a la industrialización en el proceso constructivo. _____</b>	<b>74</b>
<b>1. Detractores de la industrialización en el proceso constructivo. _____</b>	<b>74</b>
<b>2. Es más caro edificar con productos industrializados que artesanalmente. _____</b>	<b>75</b>
<b>3. Industrialización componente (compatibilidad de módulos de distintas marcas). _____</b>	<b>78</b>
<b>PARTE SEGUNDA. _____</b>	<b>80</b>
<b>Industrialización de la construcción. _____</b>	<b>80</b>
<b>Capítulo 6. Industrialización de la construcción y prefabricados para la edificación. _____</b>	<b>80</b>
<b>1. Industrialización de las construcciones y prefabricación en la edificación. _____</b>	<b>80</b>
<b>2. Sistemas constructivos industrializados. _____</b>	<b>81</b>
a. Industrialización cerrada _____	81
b. Sistema abierto de edificación ('open system building'). _____	82
<b>3. Construcción modular. _____</b>	<b>85</b>
a. Viviendas prefabricadas modulares. _____	86
b. Sistemas constructivos sostenibles. _____	87
<b>4. I+D Investigación y desarrollo _____</b>	<b>87</b>
a. Nuevos materiales (espumas rígidas, morteros de capa gruesa, etc.). _____	87
b. Robótica en la industrialización de la edificación. Robotización. _____	89
c. Institutos, centros y asociaciones de investigación. _____	93
<b>Capítulo 7. Programa Europeo de Investigación, para la modernización del Sector de la Edificación. MANUBUILD. _____</b>	<b>94</b>
<b>1. Incorporar procesos sistematizados de diseño a sistemas industrializados de construcción de viviendas de industrialización abierta. _____</b>	<b>94</b>
<b>2. Herramientas informáticas _____</b>	<b>95</b>
<b>3. Construcción en seco. No agua en el tajo. _____</b>	<b>96</b>
<b>4. Obras rápidas y baratas sin almacenaje. _____</b>	<b>96</b>



5. Estandarizar la producción de elementos edificatorios. _____	97
<b>TALLER DE TRABAJO</b> _____	<b>100</b>
I + D Edificación y construcción. Edificación industrializada con apoyo institucional.	100
<b>TALLER DE TRABAJO</b> _____	<b>104</b>
La construcción modular. Desafíos y oportunidades para la industria de la construcción. _____	104
<b>Capítulo 8. Robótica e industria de la edificación.</b> _____	<b>110</b>
1. Edificación cristalera y cerámica. _____	110
2. Viviendas prefabricadas. _____	110
3. Robótica en obra civil. Maquinaria pesada para infraestructuras. _____	111
4. Robótica en la edificación. Sistema automatizado de edificación. Robots de ensamblaje edificatorio. _____	111
5. Robótica edificatoria, automatización y domótica. _____	112
<b>CHECK-LIST</b> _____	<b>113</b>
¿Qué es la construcción industrializada? _____	113
¿Cuáles son los sistemas de producción de elementos prefabricados? _____	113
<b>CHECK-LIST</b> _____	<b>115</b>
Las 20 Ventajas de la edificación modular industrializada. _____	115
<b>PARTE TERCERA</b> _____	<b>117</b>
Países líderes en prefabricación. _____	117
<b>Capítulo 9. La industrialización edificatoria en los Países Escandinavos.</b> _____	<b>117</b>
1. La vivienda prefabricada en los Países Escandinavos. _____	117
2. Las viviendas prefabricadas de Ikea y Skanska. _____	118
3. En Suecia la industrialización de la edificación ha causado PARO. _____	119
4. Las constructoras suecas tienen fábricas de "prefabricados de edificación". _____	120
<b>Capítulo 10. El pre ensamblaje de viviendas el Reino Unido.</b> _____	<b>122</b>
1. Re-thinking construction. _____	122
2. I+D+i y pre-ensamblaje en la construcción. _____	123
<b>Capítulo 11. La prefabricación en los Países Bajos.</b> _____	<b>124</b>
1. Los módulos edificatorios holandeses. _____	124
2. Programa IFD: "Proyectos demostrativos de construcción Industrializada, Flexible y Desmontable". _____	124
3. La vivienda 'Variomatic': el cliente elige. _____	125
<b>Capítulo 12. Estados Unidos y la prefabricación de viviendas.</b> _____	<b>126</b>
1. La vivienda prefabricada transportable. _____	126
2. Concurso 'Solar Decathlon' _____	127
<b>TALLER DE TRABAJO</b> _____	<b>131</b>
Solar Decathlon y patentes españolas. _____	131
1. Solar Decathlon Europe y España. _____	131



<b>2. Patentes.</b>	<b>133</b>
a. Sistema de techo solar auto-orientable.	133
b. Paneles solares móviles de la fachada.	133
c. Sistema de cimentación auto-elevable.	133
<b>Capítulo 13. La prefabricación de viviendas en Japón.</b>	<b>135</b>
1. Toyota: fabricante de viviendas.	135
2. La calidad de la prefabricada es superior a la tradicional.	136
3. Domótica y viviendas prefabricadas.	137
4. Método Just in Time o Método Toyota.	137
<b>PARTE CUARTA.</b>	<b>139</b>
El futuro: globalización y China.	139
<b>Capítulo 14. Globalización e industrialización de la edificación (módulos de China).</b>	<b>139</b>
1. Menos oficios, más especialización. Ingeniería unida a la arquitectura.	139
2. Industrialización 'pre-empaquetado' en fábrica y 'post-empaquetado' en obra.	140
3. Fabricación "on-site" y "off-site".	141
4. Exigencias medioambientales en la construcción industrial.	142
5. Estética y masificación en la industrialización de la edificación.	142
6. La ausencia de la Administración española en la industrialización de la construcción.	143
7. La falta de formación profesional y técnica: cualificación.	143
<b>PARTE QUINTA</b>	<b>145</b>
<b>La industrialización de la construcción en España.</b>	<b>145</b>
<b>Capítulo 15. I+D en España: edificación artesanal en el siglo XXI.</b>	<b>145</b>
1. Planes de I+D para el sector más representativo del PIB español y que genera mayor empleo.	145
2. La edificación residencial es artesanal por los bajos costes de la mano de obra.	145
3. Accidentes laborales y cualificación profesional.	146
4. Fomento de la investigación en las obras	147
5. Infraestructura tecnológica: laboratorios y centros de investigación vinculados al sector.	148
6. Avances en elementos '3D' conformados por estructuras de acero.	148
<b>Capítulo 16. Aplicación de la construcción modular a la edificación industrializada.</b>	<b>151</b>
1. La construcción modular	151
2. Aplicación en viviendas unifamiliares	152
3. Edificios en altura	152
<b>Capítulo 17. La industrialización total de la construcción con sistemas modulares de hormigón como opción idónea para lograr Edificios de energía casi nula (EECN).</b>	<b>153</b>
1. Ventajas de la construcción modular en hormigón	153



2. Sistemas modulares de hormigón se presentan como una opción idónea para avanzar en el cumplimiento de los EECN _____	154
3. El elemento básico es el módulo o celda tridimensional (3D) _____	155
4. Aplicación en edificación residencial _____	155
a. Viviendas unifamiliares _____	156
b. Edificios en altura _____	156
c. Construcción modular en hormigón y su eficiencia energética _____	156
5. Proyección de futuro _____	157
6. Ejemplos. Casos prácticos reales. _____	157
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>161</b>
<b>UNE-EN 13369. Reglas comunes para productos prefabricados de hormigón. _____</b>	<b>161</b>
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>169</b>
<b>Presencia española en prefabricados y construcción modular de hormigón. _____</b>	<b>169</b>
APLIHORSA Modular _____	169
Bioclimática Modular Concept _____	169
Dragados S.A. - Caracola _____	169
Prefabricados Pujol _____	169
Roura Anglada _____	169
Worldmeter _____	169
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>177</b>
<b>El futuro de las empresas españolas de prefabricados de hormigón. _____</b>	<b>177</b>
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>183</b>
<b>Control documental de suministro de elementos prefabricados de hormigón. _____</b>	<b>183</b>
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>187</b>
<b>Ventajas del BIM en los prefabricados de hormigón. _____</b>	<b>187</b>
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>194</b>
<b>Esquemas: BIM, industrialización y prefabricados de hormigón. _____</b>	<b>194</b>
1. Modelado de información de la construcción. _____	194
2. Del BIM al futuro con los sistemas inteligentes de construcción. _____	194
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>201</b>
<b>Soluciones prefabricadas para puentes y viaductos _____</b>	<b>201</b>
Vigas pretensadas prefabricadas. _____	201
Diseño transversal de tableros con tirantes y puntales. _____	201
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>205</b>
<b>Tuberías prefabricadas de hormigón armado. _____</b>	<b>205</b>
<b>Capítulo 18. La construcción modular en 3D o edificación integral industrializada _____</b>	<b>216</b>
<b>3. ¿Qué es la construcción modular en 3D? _____</b>	<b>216</b>
a. Construcción a partir de módulos completos (integral) _____	216
b. Construcción componentes prefabricados que conformarán el módulo (componentes). _____	216
<b>2. Construcción en 3D o edificación integral industrializada mediante prefabricados. _____</b>	<b>217</b>
<b>3. Sistemas de ensamblaje de módulos. _____</b>	<b>217</b>
<b>4. Tipología de los módulos según la tipología edificatoria. _____</b>	<b>217</b>



a. Módulos internos de edificación (ej.: baños).	218
b. Módulos edificatorios completos (ej.: viviendas unifamiliares)	218
c. Módulos parciales para ensamblar edificios en altura.	218
d. Módulos de edificaciones dotacionales anexas.	218
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>220</b>
Esquemas. La impresión 3D en construcción.	220
Tecnologías de impresión 3D a escala real en la industria de la construcción (edificación) en obra nueva, rehabilitación y restauración de patrimonio.	220
Rehabilitación de fachadas y paramentos interiores.	220
Integración de tecnologías y tipos de extrusor en rehabilitación edificatoria.	220
Rehabilitación por impresión directa o mediante reproducción de piezas.	220
Impresión prefabricados (ej.: balaustradas).	220
Cortado y vaciado del dibujo.	220
Robots.	220
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>238</b>
Esquemas. ¿Qué es la fabricación aditiva? Fabricación de piezas a partir de un modelo 3D sin necesidad de moldes ni utillajes, mediante capas de material y su consolidación.	238
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>252</b>
Estructuras Industrializadas en Edificios de Vivienda Colectiva	252
<b>TALLER DE TRABAJO.</b>	<b>262</b>
Pisos prefabricados de 70m2 por 65.000 euros en 5 meses y calidad CTE.	262
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>264</b>
Ejemplo de iniciativa de fabricante español de muro multiuso prefabricado de doble pared.	264
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>266</b>
Vivienda prefabricada. Edificación modular.	266
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>268</b>
<b>Los prefabricados en la vivienda social de Madrid.</b>	<b>268</b>
Análisis del proceso de industrialización en las promociones de la Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid (EMVSM). Proyecto Singular y Estratégico para la Industrialización de la Vivienda Sostenible (INVISIO). Industrialización en las Promociones de la Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid. Se analiza la industrialización en las promociones de la vivienda social, promovidas por la EMVSM y se desarrolla a partir y del estudio directo de los edificios más significativos, de entrevistas con los agentes implicados en el proyecto, así como encuestas sociológicas a los habitantes de los edificios.	268
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>284</b>
Viviendas industrializadas.	284
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>286</b>
Industrialización y eficiencia energética de las fachadas de hormigón.	286
<b>PARTE SEXTA</b>	<b>289</b>
Agentes de la edificación en la prefabricación de edificios.	289
<b>Capítulo 19. Agentes de la edificación en la prefabricación de edificios.</b>	<b>289</b>



1. Fabricante de módulos prefabricados para la edificación. _____	289
a. Calidades de prefabricados. Control de calidad. _____	290
b. Planificación de entrega de módulos prefabricados en obra. _____	292
c. Transporte y montaje en obra de módulos prefabricados _____	292
2. Arquitecto. Opciones de edificación prefabricada en el proyecto. _____	293
3. Dirección Facultativa. Dirección de obra con prefabricados. _____	293
4. Constructor _____	294
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>297</b>
El proyecto técnico de industrialización en el proceso de edificación industrializada.	297
1. Memoria descriptiva de la ejecución, documentación técnica del proyecto de industrialización, análisis de costes y planos generales de arquitectura e instalaciones. _____	297
2. Diseño de moldes. Planos detallados del encofrado. Perfilería. _____	298
3. Memoria de uniones y nudos entre prefabricados. _____	298
4. Planificación del proceso. Planing de obra _____	299
5. Materiales. Almacenamiento. DITE y control de calidad de materiales. _____	299
<b>PARTE SÉPTIMA _____</b>	<b>300</b>
Reglamento europeo de Productos de Construcción 305/2011 (RPC) _____	300
<b>Capítulo 20. Los productos prefabricados de hormigón en el Reglamento europeo de Productos de Construcción 305/2011 (RPC) para los fabricantes de productos prefabricados de hormigón que desde el 1 de julio de 2013 sustituye a la actual Directiva 89/106/CEE _____</b>	<b>300</b>
1. Reglamento europeo de Productos de Construcción 305/2011 (RPC) para los fabricantes de productos prefabricados de hormigón _____	300
2. Valoración del Ministerio de Industria, Energía y Turismo _____	301
Diferencias para los fabricantes de productos de construcción _____	302
Diferencias para los organismos notificados (ON) _____	304
Diferencias para los actuales organismos autorizados para la concesión del dite y su organización (EOTA) _____	305
Diferencias para las autoridades de los estados miembros _____	305
Diferencias para los organismos de normalización nacionales y el CEN _____	306
Consejos para los técnicos a pie de obra: la idoneidad al uso de los productos con marcado CE306	
<b>TALLER DE TRABAJO. _____</b>	<b>345</b>
Esquemas prácticos del Reglamento europeo de Productos de Construcción 305/2011 (RPC) para los fabricantes de productos prefabricados de hormigón que desde el 1 de julio de 2013 sustituye a la actual Directiva 89/106/CEE _____	345
<b>TALLER DE TRABAJO. _____</b>	<b>371</b>
Productos de la construcción para los que el mercado es obligatorio en el Reglamento europeo de Productos de Construcción 305/2011 (RPC) que desde el 1 de julio de 2013 sustituye a la actual Directiva 89/106/CEE _____	371
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>410</b>
La Declaración de Prestaciones de los productos de construcción en la web del fabricante. _____	410
<b>TALLER DE TRABAJO. _____</b>	<b>412</b>
Mercado en prefabricados de hormigón para muros en el Reglamento europeo de	



Productos de Construcción 305/2011 (RPC) que desde el 1 de julio de 2013 sustituye a la actual Directiva 89/106/CEE	412
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>487</b>
La piedra natural y aglomerada en el Reglamento europeo de Productos de Construcción 305/2011 (RPC) que desde el 1 de julio de 2013 sustituye a la actual Directiva 89/106/CEE	487
<b>PARTE OCTAVA</b>	<b>500</b>
Tecnología y materiales en la edificación industrializada.	500
<b>Capítulo 21. Procedimientos constructivos con prefabricados. Construcción modular.</b>	<b>500</b>
1. Construcción modular en hormigón.	500
2. Construcción modular mixta.	501
3. Módulos con estructura metálica atornillada.	503
Con acero. Steelframing. Estructura metálica ligera de acero galvanizado	503
4. Con prefabricados de hormigón. Los paneles de hormigón.	506
a. Sistema de hormigonado horizontal (Tilt Up)	507
b. Sistema de encofrado vertical. Sistema BARCONS	509
c. Sistemas con encofrados simultáneos de paredes y techos.	512
<b>Capítulo 22. Edificación industrializada modular aislada y en multiplanta.</b>	<b>516</b>
1. Edificaciones modulares y módulos adosables.	516
2. Módulos monoblock.	517
3. Módulos sanitarios y grifería.	518
4. Escalera prefabricada. Losa escalera	518
<b>Capítulo 23. Edificación industrializada integral mediante módulos tridimensionales</b>	<b>520</b>
1. Edificación industrializada integral mediante módulos tridimensionales.	520
2. Antecedentes históricos	521
3. Clasificación de módulos tridimensionales.	521
4. Sistema constructivo modular desde cota 0.	522
5. Unión de módulos con hormigón autocompactable.	523
6. Línea industrial de elaboración de un módulo edificatorio.	524
7. Transporte y ensamblaje de módulos edificatorios.	525
<b>Capítulo 24. Sistemas de industrialización de edificaciones modulares.</b>	<b>527</b>
1. Sistema Set home.	527
2. El sistema Transloko	529
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>531</b>
Ejemplo real de factoría de prefabricados de hormigón estructural de edificación residencial e industrial y de la obra civil.	531
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>570</b>
Vivienda prefabricada en una estructura de aluminio o de acero.	570
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>572</b>



Vivienda prefabricada americana en 3 módulos. _____	572
<b>Capítulo 25. Clasificación de elementos prefabricados. _____</b>	<b>574</b>
<b>1. Clasificación de elementos prefabricados. _____</b>	<b>574</b>
<b>2. Sistemas estructurales y estructuras prefabricadas. _____</b>	<b>575</b>
a. Bovedilla Prefabricada. _____	576
b. Viguetas _____	576
Vigueta armada. _____	577
Vigueta Pretensada. _____	577
c. Pilotes prefabricados. _____	577
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>579</b>
Estructura y pilares. _____	579
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>586</b>
<b>Ventajas de los elementos estructurales prefabricados. _____</b>	<b>586</b>
<b>1. Ventajas de los elementos estructurales prefabricados _____</b>	<b>586</b>
Calidad de los elementos _____	586
Tiempos de ejecución _____	586
Reducción de equipos en obra _____	587
Mejor aprovechamiento de las secciones resistentes _____	587
Mano de obra especializada _____	587
Económico-constructivo _____	587
<b>4. Desventajas de los elementos estructurales prefabricados _____</b>	<b>587</b>
Estructurales _____	588
Movilidad y transporte _____	588
Económico-financiero _____	588
Montaje _____	588
De fabricación _____	588
<b>3. Hormigón. Uniones de piezas premoldeadas y bloques de hormigón. _____</b>	<b>589</b>
Montajes por Simple Apoyo _____	590
Montajes por Uniones Rígidas _____	590
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>592</b>
La certificación para productos prefabricados de hormigón. _____	592
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>596</b>
Viviendas prefabricadas de hormigón. Experiencia internacional. _____	596
"Casa Kyoto" primera vivienda unifamiliar industrial de hormigón. _____	606
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>615</b>
Sistema de Edificación de Viviendas con Elementos Prefabricados de Hormigón Armado. Cimentación y montaje de paneles. Construcción y Montaje de la Vivienda prefabricada. _____	615
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>623</b>
Elementos prefabricados de hormigón. _____	623
<b>1. Productos de hormigón prefabricado (usos, tamaños y acabados). _____</b>	<b>623</b>
<b>2. Ventajas e inconvenientes del hormigón prefabricado. _____</b>	<b>624</b>
a. Ventajas _____	624
b. Inconvenientes _____	625
<b>3. Modularidad, industrialización y tecnología. _____</b>	<b>626</b>
Ejemplos representativos (dos nacionales y uno internacional) de las tendencias actuales en el	



ámbito de la construcción industrializada con elementos de hormigón. _____	626
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>629</b>
Recomendaciones para la instalación de redes de abastecimiento de agua potable. _____	629
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>662</b>
Conductos prefabricados de hormigón. _____	662
1. Normativa europea armonizada de los conductos de hormigón (Instrucción EHE-08, UNE-EN 1916:2008, UNE-EN 127916:2014, UNE-EN 1917:2008, UNE-EN 127917:2005). _____	663
2. Resistencia a los ataques químicos y biológicos. _____	663
a. Resistencia a las sales solubles _____	663
b. Resistencia al ataque por sulfatos. _____	663
c. Resistencia a la carbonatación. _____	664
d. Resistencia a los ácidos. _____	665
e. Lixiviación por aguas puras. _____	666
f. Resistencia a la reacción árido-álcali. _____	666
g. Resistencia a la corrosión de la armadura. _____	667
<b>TALLER DE TRABAJO. _____</b>	<b>675</b>
Estructuras industrializadas de hormigón armado. _____	675
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>680</b>
La prefabricación en hormigón. Las tecnologías multimateriales (co-inyección, bi-inyección, deposición metálica, etc.) _____	680
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>686</b>
Piezas de hormigón prefabricadas antisísmicas para sistema modular de viviendas. _____	686
Caso real en Perú. _____	686
La construcción modular presenta una clara ventaja en aspectos de seguridad antisísmica _____	686
Seguridad sísmica hasta 9 en la escala sismológica de Richter. _____	686
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>695</b>
Sistema de edificación modular prefabricada en fachadas. _____	695
1. Sistemas de paneles de fachada de hormigón prefabricado. Atornillamiento de forjados. _____	695
2. Sistema de estructura de módulos metálicos. _____	696
a. Módulos metálicos de medidas abiertas. Atornillamiento y soldadura. _____	696
b. Módulos metálicos de medidas cerradas. Hormigón y soldadura. _____	696
c. Módulos metálicos plegables. Paneles prefabricados sándwich. _____	697
d. Módulos portantes. Fachada de hormigón prefabricado. Atornillado. _____	697
e. Forjado de hormigón prefabricado _____	698
<b>TALLER DE TRABAJO. _____</b>	<b>700</b>
Fachadas industrializadas, paneles de hormigón armado y muros cortina. _____	700
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>702</b>
Panel prefabricado para fachadas. Hormigón arquitectónico. Lámina de hormigón armado con acero. _____	702
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>706</b>
Pavimentos prefabricados de hormigón _____	706
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>711</b>
Prefabricados de albañilería de hormigón que cumplen con los requisitos _____	711



establecidos en la norma europea UNE EN 771-3:2011, la norma española UNE 127771-3 y el CTE	711
4. Acero.	717
<b>TALLER DE TRABAJO.</b>	<b>720</b>
Estructuras industrializadas de acero.	720
5. Aluminio.	722
6. Madera	723
7. Vidrio.	727
a. Panel de vidrio de alta resistencia para suelos	727
b. Panel de vidrio para fachada ventilada.	727
8. Fibra de vidrio.	728
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>729</b>
Paneles translúcidos de poliéster con fibra de vidrio y nanogel.	729
9. Yeso. Bloques de yeso prefabricado y paneles de fibra-yeso.	730
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>730</b>
Yeso. Bloques de yeso prefabricado y paneles de fibra-yeso.	730
1. Placa de yeso y de yeso térmicas.	731
2. Placa cerámica revestida con yeso.	731
<b>TALLER DE TRABAJO.</b>	<b>732</b>
Tabiquería industrializada. Tabiques de placas de yeso, fibra yeso y escayola.	732
<b>TALLER DE TRABAJO.</b>	<b>734</b>
Mamparas modulares divisorias.	734
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>736</b>
Modo de instalación de placas de yeso laminado especial para rehabilitación. Marca Pladur.	736
10. Plástico.	742
11. Espuma de poliuretano.	744
a. Espumas en caliente.	744
b. Espumas en frío.	744
<b>TALLER DE TRABAJO.</b>	<b>746</b>
Paneles aislantes para muros y fachadas: paneles prefabricados de láminas de acero galvanizado con núcleo de espuma rígida de poliuretano.	746
12. PVC. Las ventanas de PVC	750
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>752</b>
Láminas flexibles de policloruro de vinilo (PVC) y su uso en techos.	752
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>754</b>
Las Ventanas de PVC como solución para cumplir las exigencias y especificaciones acústicas del DB-HR del CTE Código Técnico de Edificación tras la Orden VIV/984/2009	754
13. Cerámica.	759
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>760</b>



Ventajas y modo de instalación del "Bloque de Arcilla Aligerado". Marca Termoarcilla. _____	760
<b>TALLER DE TRABAJO</b> _____	<b>765</b>
"Bloque de Arcilla Aligerado". Marca Termoarcilla. _____	765
14. Sanitarios y grifería prefabricada. _____	766
<b>TALLER DE TRABAJO</b> _____	<b>766</b>
Domótica hídrica o la desaparición de sanitarios y grifería termostática. _____	766
<b>TALLER DE TRABAJO</b> _____	<b>768</b>
Aseos prefabricados _____	768
<b>Capítulo 26. Medioambiente y reciclaje en la edificación industrializada.</b> ____	<b>776</b>
1. Gestión de residuos y demoliciones y ventajas del uso de prefabricados. _____	776
2. Materiales reciclables y reutilización en la edificación industrializada. _____	778
<b>TALLER DE TRABAJO</b> _____	<b>781</b>
Viviendas prefabricadas con certificado LEED. _____	781
<b>TALLER DE TRABAJO.</b> _____	<b>784</b>
Refrigeración magnética. Cambios de temperatura en materiales por magnetismo. _____	784
<b>Capítulo 27. Construcción industrializada y prefabricados en la rehabilitación y mantenimiento de edificios.</b> _____	<b>786</b>
1. Nuevos materiales y técnicas constructivas más sostenibles, la rehabilitación y mantenimiento. _____	786
2. Estructura portante. _____	787
3. Cerramientos _____	787
4. Cubierta. _____	788
5. La prefabricación y nuevos materiales en la rehabilitación edificatoria. _____	789
<b>PARTE NOVENA</b> _____	<b>793</b>
Los clústers de industrialización de la construcción. _____	793
<b>Capítulo 28. Los clústers de industrialización de la construcción.</b> _____	<b>793</b>
1. ¿Qué es un clúster? ¿Por qué un clúster en los parques tecnológicos? Clúster en España. _____	793
2. Asturias. Foro de innovación/industrialización de la construcción. Clúster de la construcción. _____	795
3. País Vasco. Foro de innovación/industrialización de la construcción. Clúster de la construcción. _____	798
<b>TALLER DE TRABAJO</b> _____	<b>800</b>
Clúster de la construcción en el País Vasco. _____	800



## ¿QUÉ APRENDERÁ?



- **Ventajas de la prefabricación edificatoria. Ventajas de la edificación modular industrializada.**
- **Sistemas constructivos industrializados.**
- **Ventajas del BIM en los prefabricados de hormigón.**
- **Agentes de la edificación en la prefabricación de edificios.**
- **El proyecto técnico de industrialización en el proceso de edificación industrializada.**
- **Tecnología y materiales en la edificación industrializada.**
- **Procedimientos constructivos con prefabricados. Construcción modular.**
- **La prefabricación y nuevos materiales en la rehabilitación edificatoria.**
- **Los clústers de industrialización de la construcción.**



## Introducción



El concepto de construcción externa, prefabricada y modular no es nuevo. En Mesopotamia ya utilizaban ladrillos, que son prefabricados.

Con los crecientes avances tecnológicos en la industria de la construcción, el mundo ha vuelto a introducir alternativas rentables y más rápidas a la construcción tradicional.

Se trata de alternativas edificatorias externas, prefabricadas o modulares que en conjunto forman lo que conocemos como "edificación industrializada".

Pero, estos términos no significan lo mismo. Aunque pueden parecer similares por el nombre, hay una diferencia entre los tres términos.

### La construcción fuera de obra (off site construction)

La construcción fuera de obra (off site construction) es un término general para muchos tipos diferentes de construcción. La construcción prefabricada y modular se incluye en la construcción fuera de obra. La construcción fuera de obra implica la planificación, el diseño, la fabricación y el montaje de un edificio en un lugar que no sea la misma obra. Esto se hace a fin de conseguir un montaje rápido posterior en la obra.

A diferencia de la construcción tradicional, la construcción fuera de obra requiere menos tiempo, es sostenible, segura, rentable y flexible. Aunque los beneficios son los mismos, la única diferencia es el conjunto de reglas y el diseño de las estructuras. En este tipo de construcción las estructuras se fabrican en un entorno controlado y se transportan a la obra. Además, es posible controlar la calidad de cada sección de la estructura, lo que no es posible en el caso de una construcción a pie de obra.



## La construcción de estructuras prefabricadas

La construcción de estructuras prefabricadas es parte de la construcción fuera de obra. Cualquier estructura que tenga su sección diseñada en una fábrica se denomina prefabricada. Tanto las estructuras modulares como las prefabricadas son consideradas como edificación industrializada.

La construcción de estructuras prefabricadas debe cumplir con los códigos de construcción y debe someterse a una inspección periódica. Este tipo de inspección rigurosa y sus pautas de construcción hacen que las estructuras prefabricadas sean tan resistentes o más que las estructuras realizadas en la obra por métodos tradicionales.

## La construcción modular

La construcción modular es un término general de construcción prefabricada. En la construcción modular todas las estructuras se construyen en cajas tridimensionales o en forma de módulos, que se transportan desde la unidad de fabricación al sitio de instalación, la obra.

Estas estructuras se construyen de acuerdo con los códigos edificatorios. Además, las estructuras modulares se pueden fabricar para uso temporal o permanente.

En términos más simples, la diferencia entre estas estructuras puede considerarse como tres círculos concéntricos. El círculo más externo es una construcción fuera de obra, el segundo círculo interno es una construcción prefabricada y el círculo más interno es la construcción modular. Ahora puede distinguir fácilmente entre estos términos.

## TÉCNICAS INDUSTRIALES MODERNAS

Por supuesto, la construcción no es fácilmente susceptible de producción en masa, pero ciertamente podría explotar las técnicas industriales modernas más de lo que lo hace.

La construcción fuera de obra, o "prefabricación", es la clave: hacer en una fábrica varias partes de un edificio antes de ensamblarlas en la obra real del edificio.

Las piezas pueden ser prefabricadas (hormigón) o hechas de materiales compuestos (como paneles sándwich). La fábrica externa de hoy en día puede producir componentes de paquete plano (como paredes o vigas), módulos volumétricos (lavabos o dormitorios) o incluso edificios enteros.



La construcción fuera de obra alivia varios problemas asociados con los métodos tradicionales "en la obra".

Al trasladar una gran parte del trabajo de un entorno al aire libre desordenado y expuesto con horas de trabajo limitadas a un entorno de fábrica seguro y controlado en interiores con un potencial de producción de 24/7, la construcción fuera de obra ofrece cinco beneficios principales.

Los tiempos de construcción se reducen y hay un menor riesgo. La construcción fuera de obra se ve mucho menos afectada por los caprichos del clima y por la pesada carga de la gestión del proyecto en la obra. También está mucho menos sujeta a los riesgos, legales y financieros, inherentes a las complejas colaboraciones con subcontratistas.

## Ahorrar tiempo

Por lo tanto, construir fuera de obra generalmente reduce los tiempos de terminación del edificio en más de un tercio y mejora la entrega a tiempo. Eso puede ser de gran valor para los propietarios de proyectos. Un hotel, por ejemplo, puede comenzar a hacer reservas antes, y se reducen los riesgos de gastos excesivos y demoras.

## Mejor calidad.

Gracias a la estandarización, un entorno controlado y controles de calidad en fábrica, la tasa de defectos puede reducirse a la mitad.

## Costes más bajos.

El lugar de trabajo controlado y resistente a la intemperie aumenta la productividad de los empleados individuales, al tiempo que permite economías de escala, logística optimizada y manufactura rápida. El resultado es un ahorro en los costes generales de construcción, ahorros que pueden transferirse a los clientes o reinvertirse en acabados de mayor calidad, por ejemplo.

## Ambiente de trabajo mejorado.

Los trabajadores están protegidos del clima y de muchos de los peligros tradicionales (como trabajar durante largos períodos a gran altura o bajo tierra), y su día a día permanece sin cambios de un proyecto a otro. Los accidentes laborales se reducen.



## Impacto ambiental reducido.

Los desechos y las emisiones de la construcción pueden reducirse a la mitad, en virtud de la eficiencia de la producción y el aumento del reciclaje.

## BARRERAS A LA EDIFICACIÓN INDUSTRIALIZADA

La penetración global de la construcción fuera de obra es difícil de cuantificar.

Los analistas definen la construcción fuera de obra de diferentes maneras, de acuerdo con la proporción de contenido fuera de obra (50% versus 80%, por ejemplo) y de acuerdo con las técnicas para medir ese contenido fuera de obra. Los datos son más fiables para viviendas unifamiliares, el segmento que históricamente ha sido el principal beneficiario de la construcción fuera de obra. En algunos mercados más pequeños, como Suecia, más del 80% de las viviendas nuevas ahora se construyen fuera de obra.

A pesar de su larga historia y su convincente propuesta de valor, la construcción fuera de obra es ahora está ganando terreno. Los motivos de la lenta absorción son complejos y varían de un mercado a otro. Hay cuatro barreras particulares:

### Un problema de imagen.

El consumidor de vivienda suele asociar la construcción fuera de obra o "edificación industrializada" con viviendas sociales de baja calidad y uniformes. En el Reino Unido evoca recuerdos de los "bungalows prefabricados" construidos para resolver la escasez de viviendas de la posguerra. En los Estados Unidos, muchas personas lo confunden con casas móviles. Una excepción notable a esta tendencia es Japón, donde las casas construidas fuera de obra se consideran productos premium y de alta calidad.

### Inflexibilidad y diseño uniforme.

En el pasado, para mantener bajos los costes, las empresas de construcción externas se adhirieron a una política de estandarización. Este enfoque tendía a entrar en conflicto con las limitaciones del sitio de construcción y con la preferencia del propietario individual por cierto grado de personalización.

### Regulación y códigos locales de construcción.

La construcción tradicional está ampliamente sujeta a estrictas normas laborales que regulan quién puede hacer qué en la obra, por ejemplo, o especificando el número mínimo de trabajadores para una tarea en particular. Dichas normas contravienen el modelo laboral externo, que se basa en pequeños equipos de



trabajadores ampliamente capacitados. Otras reglas, incluidas las regulaciones de salud y seguridad, los códigos de planificación y los requisitos de hipotecas o seguros, han obstaculizado de manera similar el desarrollo de la construcción fuera de obra o edificación industrializada.

## Aversión al riesgo.

El sector de la construcción es históricamente reacio al riesgo por muy buenas razones.

La construcción es costosa cuando se hace bien y potencialmente ruinosa cuando se hace mal, como pueden atestiguar casos de alto perfil como el nuevo aeropuerto de Berlín. Por el lado de la oferta, la construcción es un negocio cíclico y basado en proyectos, con presiones constantes de costes y bajos márgenes, y por lo tanto una aversión a los grandes gastos de capital y a la I + D. (Los contratistas ciertamente no están acostumbrados a invertir cientos de millones o incluso miles de millones en fábricas).

Por lo tanto, los constructores y los clientes han sido cautelosos al experimentar con nuevos métodos y tecnologías. (Ver *"Formando el futuro de la construcción: un avance en mentalidad y tecnología"*, un informe del Foro Económico Mundial, preparado en colaboración con BCG, mayo de 2016, págs. 13-15.)

En combinación, estas barreras tuvieron el efecto de forzar la construcción fuera de obra en un círculo vicioso. Las barreras redujeron la demanda de servicios externos. La demanda débil desanimó la inversión en edificación industrializada, por lo que la oferta siguió siendo muy limitada, y a la luz de la oferta limitada, había poco ímpetu por romper las barreras que mantenían baja la demanda.

Afortunadamente, este ciclo finalmente comienza a colapsar.

## ROMPER LAS BARRERAS

Han entrado en juego tres factores nuevos que ahora están llevando la edificación industrializada/construcción fuera de obra a un punto de inflexión.

### Escasez de profesionales de la construcción.

El primer factor es la escasez de habilidades profesionales a largo plazo.

La fuerza laboral de la construcción en los países ricos ha ido disminuyendo rápidamente a medida que los trabajadores actuales se jubilan, ya que los trabajos de construcción tradicionales tienen poco atractivo para los trabajadores más jóvenes en la actualidad.



La vieja solución, la importación de trabajadores del extranjero, se está volviendo menos viable, ya que los países importadores están endureciendo sus políticas de inmigración y los países exportadores están generando empleos más atractivos para sus propios trabajadores.

La construcción fuera de obra es un remedio obvio: atrae a los trabajadores locales de la construcción al tiempo que aumenta la productividad general en el sector.

## El BIM. La revolución tecnológica de la construcción.

El segundo factor es el uso creciente de la tecnología digital. Este desarrollo está ayudando a erosionar las barreras al exterior, en particular la barrera relacionada con la inflexibilidad.

Gracias a las herramientas digitales, como el modelado de información de construcción (BIM), se está volviendo más fácil integrar componentes externos en compilaciones convencionales y crear sistemas más sofisticados y flexibles de componentes externos.

Además, los avances en los métodos de producción digital, como la robótica y la impresión 3D, algún día deberían poder convertir el ideal de "personalización masiva" en un realidad.

## Inversión social en vivienda

El tercer factor es el apoyo del gobierno. Los gobiernos de todo el mundo ahora están respaldando la construcción fuera de obra con mucha más fuerza que antes.

Ante la grave escasez de viviendas y los presupuestos crónicamente ajustados, los gobiernos de todo el mundo están haciendo de la construcción fuera de obra una prioridad estratégica. Por lo tanto, se está creando una demanda estable que ayudará a estandarizar los diseños, dar forma a las nuevas regulaciones y dar a conocer los beneficios de las instalaciones externas. Las empresas privadas también tendrán el incentivo para involucrarse seriamente.

Sin duda, quedan algunos desafíos. La construcción fuera de obra puede aliviar la escasez de mano de obra, pero requiere nuevos conjuntos de habilidades y programas de capacitación, y estos aún están subdesarrollados.

## LOS MERCADOS Y LAS PERSPECTIVAS

Aunque la tendencia para la construcción fuera de obra está indudablemente al alza, el ritmo de su desarrollo es difícil de determinar. El panorama podría



cambiar drásticamente si alguno de los grandes actores inmobiliarios realiza el movimiento audaz correcto. Por ejemplo, si una gran promotora apuesta por la construcción fuera de obra y adquiere una gran constructora tradicional.

El segmento que actualmente es la principal aplicación para la construcción fuera de obra es el de los edificios residenciales, y probablemente seguirá siéndolo. Las casas no son excesivamente complejas, pero se caracterizan por un alto grado de repetitividad. Y a menudo están sujetos a requisitos estrictos, en forma de expectativas de los compradores con respecto a la calidad y el precio. Por lo tanto, la mayoría de las principales empresas de construcción fuera de obra tienen una fuerte presencia de vivienda, o incluso una preferencia explícita.

En segmentos no residenciales, las perspectivas son más variadas. Los hospitales, hoteles, escuelas y cárceles, por ejemplo, son en general los principales candidatos para la construcción fuera de obra. Están altamente estandarizados, siguen requisitos estrictos con respecto a la seguridad o la marca, y son limitados en tiempo y mano de obra cuando se trata de amueblar y equipar.

Finalmente, es probable que la infraestructura siga siendo menos receptiva a la construcción fuera de obra.

Por supuesto, los componentes pequeños estandarizados, como las tuberías de aguas residuales o las traviesas de ferrocarril, con frecuencia se prefabrican fuera de obra. Pero los componentes principales, por ejemplo, de un puente, a menudo son grandes y difíciles de transportar desde una ubicación externa, por lo que podría ser más rentable construirlos en la obra.

Una vez más, sin embargo, los factores específicos del proyecto a veces favorecerán la construcción fuera de obra: el aeropuerto de Ginebra ha recurrido a métodos de construcción fuera de obra para su nueva terminal intercontinental, que tiene que caber en un sitio de apenas 20 metros de ancho.

Es probable que tales proyectos especializados fuera de obra aumenten en frecuencia, especialmente dado que la infraestructura es la rama de construcción más internacional.

## IMPLICACIONES ESTRATÉGICAS

La construcción fuera de obra claramente tiene un potencial positivo que las compañías tradicionales no pueden ignorar. Pero hay otras razones para que las empresas participen en el mercado externo. La construcción fuera de obra va a ser muy perjudicial para la construcción en su conjunto, y las empresas existentes corren el riesgo de perder una cantidad significativa de valor. Específicamente, la construcción fuera de obra significará más producción, menos mano de obra en la obra, diferentes materiales y diferentes herramientas.



La productividad es evidente en el uso de componentes estandarizados, fabricados en fábrica, como paredes o incluso habitaciones, para reemplazar el proceso tradicional de construcción de cada componente individual en la obra.

Estos desarrollos transformadores afectarán a todas las empresas a lo largo de la cadena de valor, en mayor o menor grado. Aquí está el escenario probable:

## Contratistas Generales

Su oferta de servicios se convertirá en mercancía. El grupo de valor al que pueden acceder se reducirá a medida que los sitios de construcción disminuyan en tamaño y complejidad. Su modelo actual de trabajo, equipo y relaciones subcontratista / proveedor serán redundantes y estarán bajo mayor presión que nunca para reducir los costes y los tiempos de entrega.

La competencia global se agudizará: Polcom Modular de Polonia, por ejemplo, puede entregar hoteles construidos fuera de obra en todo el mundo. La mejor estrategia de supervivencia para los contratistas es expandir sus capacidades fuera de obra. Los contratistas están bien posicionados para hacer este cambio porque supervisan toda la cadena de valor, pero deben actuar rápidamente.

## Los fabricantes de materiales de construcción

Los fabricantes de materiales de construcción verán que su volumen de negocios y la prima de margen disminuirán drásticamente. A medida que la construcción se vuelva más productiva, tendrán que volverse compatibles fuera de obra si esperan ganar algún contrato. Sus marcas individuales actuales, relaciones con los clientes, sistemas y redes de distribución perderán su valor distintivo en un mercado productivo.

En el extremo, incluso podrían perder su condición de fabricantes de equipos originales y, en cambio, convertirse en proveedores y tener que presentar ofertas para producir componentes específicos. Si van a seguir siendo creadores de especificaciones, en lugar de tomadores de especificaciones, deben trabajar de manera proactiva para dar forma a los nuevos ecosistemas fuera de obra, en asociación con otras empresas que tienen experiencia complementaria.

Los productores de materiales de construcción pesados sufrirán a medida que la demanda cambie a otros materiales en ciertos segmentos.

El producto con mayor riesgo es probablemente el cemento, que es demasiado pesado para un uso generalizado fuera de obra. Para responder, las empresas pueden cambiar hacia materiales más apropiados fuera de obra, basándose en conocimientos especializados: la startup austriaca Cree, por ejemplo, ha desarrollado un nuevo material híbrido de madera y hormigón. Alternativamente,



las empresas pueden expandirse a servicios externos, como la impresión 3D de encofrados, que permite la personalización masiva del hormigón prefabricado.



## Los arquitectos e ingenieros



Los arquitectos e ingenieros tendrán que ajustar su modelo de negocio a medida que la construcción se vuelva más productiva. Tendrán que adaptar su enfoque a los clientes y adquirir una mayor experiencia en el proceso de fabricación real.

Mientras tanto, el proceso de diseño en sí mismo cambiará, haciendo un mayor uso de componentes estandarizados e incluso un diseño automatizado. Para hacer frente a ese cambio, las empresas de arquitectura están bien posicionadas para convertirse en coordinadores de ecosistemas, ideando sistemas que permitan diseños personalizados basados en componentes estándar. Como mínimo, deberían poder integrar componentes externos en sus diseños y ser competentes en habilidades relacionadas con el exterior, como DfMA (diseño para fabricación y montaje).

## Los promotores inmobiliarios y los inversores inmobiliarios

Los promotores inmobiliarios y los inversores inmobiliarios generalmente deberían beneficiarse de la revolución fuera de obra, específicamente de los tiempos de entrega más cortos, los costes más bajos y la mayor calidad, sin tener que realizar cambios importantes en su modelo de negocio existente.

Sin embargo, esto no significa que puedan quedarse quietos. La demanda de los mejores fabricantes externos en su clase supera con creces la oferta; de hecho, algunos de los principales fabricantes tienen largas listas de espera.

Por lo tanto, los promotores inmobiliarios deben buscar asociaciones de inmediato para asegurarse de tener acceso a los mejores fabricantes externos y maximizar su atractivo para los clientes, compradores e inversores.

## PARTE PRIMERA

*Historia de la industrialización de la construcción / edificación.*

### Capítulo 1. Historia de la industrialización de la edificación (desde Le Corbusier a Torroja)



#### **1. Le Corbusier: maquinas de vivir: viviendas industrializadas como Ford.**