

LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA POR FIN VINO PARA QUEDARSE



- 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.

9 de octubre de 2020

[EDIFICACIÓN INDUSTRIALIZADA/CONSTRUCCIÓN FUERA DE OBRA](#)

[Industrialización de la construcción / edificación. Prefabricación.](#)

- **Tercer White Paper de su 'libro blanco' sobre la industrialización de la construcción**
- **Grupo Avintia, grupo industrial líder en el sector constructor-inmobiliario en nuestro país, ha lanzado el tercer capítulo de su Libro Blanco sobre Industrialización de la Construcción, con el que da forma a una guía única para entender el proceso de la industria 4.0 llevada al sector de la edificación. Ha contado con la colaboración de diferentes expertos de organizaciones referentes en sus respectivos sectores, como Kömmerling, Metrovacesa, Tecnalia o el Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM).**
- **¿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.**

Se trata la industrialización de la construcción, dentro de la realidad que ya es, como un modelo que requiere de un cambio más allá de la transformación en la ejecución de una obra y su sistematización. Ello supone un cambio en la mentalidad de todos los actores implicados, en la manera de entender y gestionar los recursos humanos y su relación con el medio de trabajo y el



entorno y en la disposición a integrar soluciones y tecnologías, ya existentes o aún por desarrollar, en una evolución constante.



La Industrialización de la Construcción requiere, por tanto, de una transformación profunda desde el inicio en la concepción de los proyectos, minimizando las variables que en el sistema tradicional están sujetas a desviaciones por el propio devenir de la obra y abriendo paso a la incorporación de nuevos sistemas ya aplicados en otros ámbitos, como el blockchain.



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.

TERCER WHITE PAPER DE SU 'LIBRO BLANCO' SOBRE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

Grupo Avintia, grupo industrial líder en el sector constructor-inmobiliario en nuestro país, ha lanzado el tercer capítulo de su Libro Blanco sobre Industrialización de la Construcción, con el que da forma a una guía única para entender el proceso de la industria 4.0 llevada al sector de la edificación. Ha contado con la colaboración de diferentes expertos de organizaciones referentes en sus respectivos sectores, como Kömmerling, Metrovacesa, Tecnalia o el Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM).



El primer capítulo, lanzado en diciembre de 2019, abordaba el origen, los fundamentos y la proyección de la construcción industrializada; el segundo, lanzado en junio de 2020, se centraba en la confluencia entre innovación, arquitectura y sostenibilidad, y este tercer documento da un paso más allá, al poner el foco en la industrialización de la construcción dentro de la realidad que ya es. Es decir, como un modelo que implica un cambio más allá de la transformación en la ejecución de una obra y su sistematización, con el fin de que nuestro país se aproxime, en el corto-medio plazo, a las cifras registradas en otros territorios en cuanto a nivel de implantación de la industrialización en la construcción.

Para la elaboración del tercer y último documento que dan forma al primer 'Libro Blanco' sobre la industrialización de la construcción, Grupo Avintia ha contado, una vez más, con reconocidos expertos, que ejercen su actividad en reputadas organizaciones de diferentes sectores relacionados con la construcción.

En este caso, el Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM), Kömmerling, Metrovacesa y Tecnalía, así como directivos de Grupo Avintia, son los autores responsables de dar continuidad a la primera y segunda entrega gracias a la creación de un tercer documento donde se pone de manifiesto la necesaria y profunda transformación del sector desde el inicio en la concepción de los proyectos, afectando a todos los eslabones de la cadena.

De este modo, los nuevos retos y ventajas para la gestión del talento humano, la prevención de riesgos laborales, la exhaustiva planificación o la incorporación de nuevos sistemas ya aplicados en otros sectores, como el Blockchain, son algunos de los temas que se abordan en el tercer capítulo del 'Libro Blanco'.



Antonio Martín Jiménez, presidente de Grupo Avintia



Así, el grupo industrial líder en el sector constructor-inmobiliario en nuestro país está un paso más cerca de la presentación oficial de este primer 'Libro Blanco' a lo largo del cuarto trimestre de 2020. En palabras de Antonio Martín Jiménez, presidente de Grupo Avintia, "la industrialización supone un cambio en la mentalidad de todos los actores implicados. Necesitamos una profunda transformación en la manera de comprender el proceso constructivo de principio a fin, y en Grupo Avintia estamos siendo impulsores de este cambio, además de compartiendo nuestro 'know how' con el fin de conseguir una penetración mayor de la construcción industrializada en el mercado español".

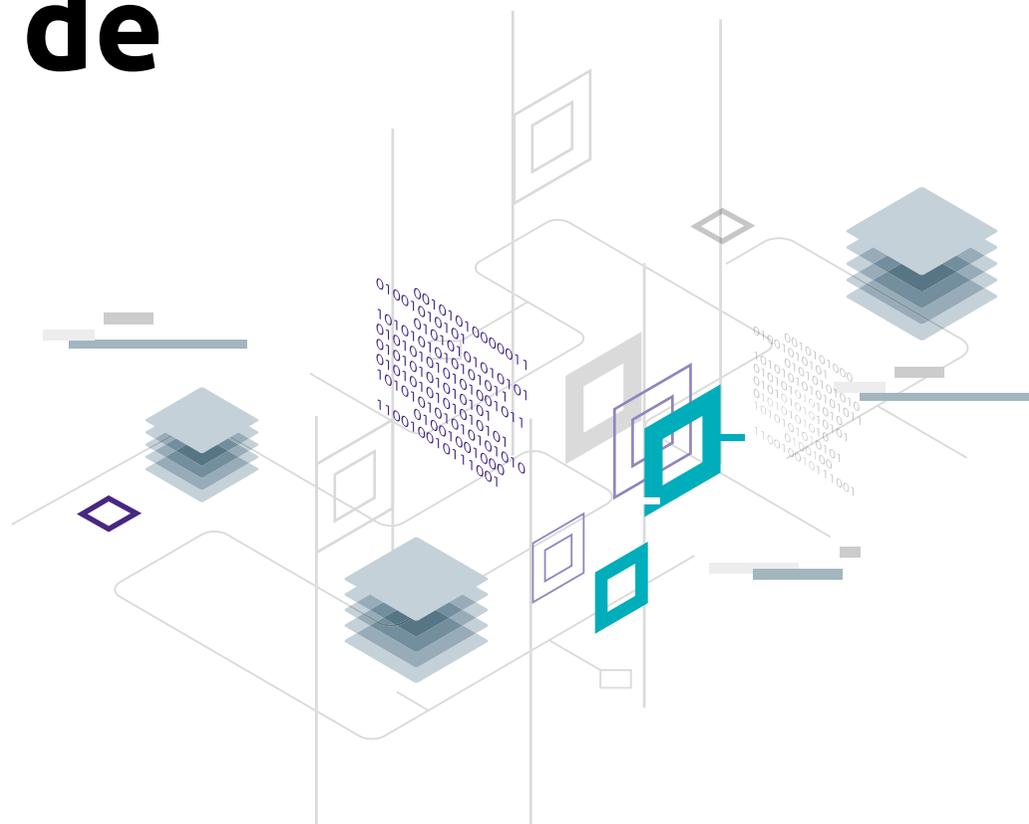
Según José Ignacio Esteban, director general de Avintia Industrial, "la industrialización ofrece una respuesta a las necesidades de futuro que plantea el mercado y lo hace de una forma flexible, eficiente y técnica, contribuyendo a la profesionalización de una industria que no ha hecho más que despegar en España. Tengamos en cuenta que el porcentaje de vivienda industrializada aquí es muy bajo en relación con el de países como Finlandia, Noruega o Suecia, que superan el 45%. Por tanto, podemos decir que aún tenemos un gran reto por delante, un camino por recorrer que se avecina apasionante a la par que enriquecedor y que traerá, sin duda, numerosos beneficios para el sector de la construcción en nuestro país. Un vaticinio que queremos ratificar con la publicación de este tercer White Paper que, sin duda, será un referente en nuestro sector".

NRO. 03. OCT.2020

AVINTIA INDUSTRIAL

White Paper sobre la Industrialización de la Construcción_

Avintia
Grupo



— Índice

05	Editorial
07	La Construcción Industrializada: Por fin vino para quedarse. Fernando Catalán de Ocón Cadenas
13	El principal reto para enfrentarse a los cambios será en la gestión de las personas. Javier Bermejo Amarillo
19	El talento en la Construcción Industrializada: nuevos retos y ventajas. Nerea García
25	Blockchain en el sector inmobiliario Carmen Chicharro
31	La industrialización como oportunidad para desarrollar sistemas de fachada tecnológicamente avanzados. Peru Elguezabal Esnarrizaga
37	Análisis del sistema industrializado en PRL:evolución técnica y menor riesgo Jorge González
43	Instalación de fachadas mediante sistemas robóticos Julen Astudillo Larraz

— Editorial

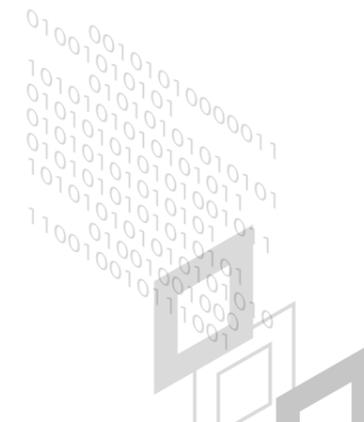
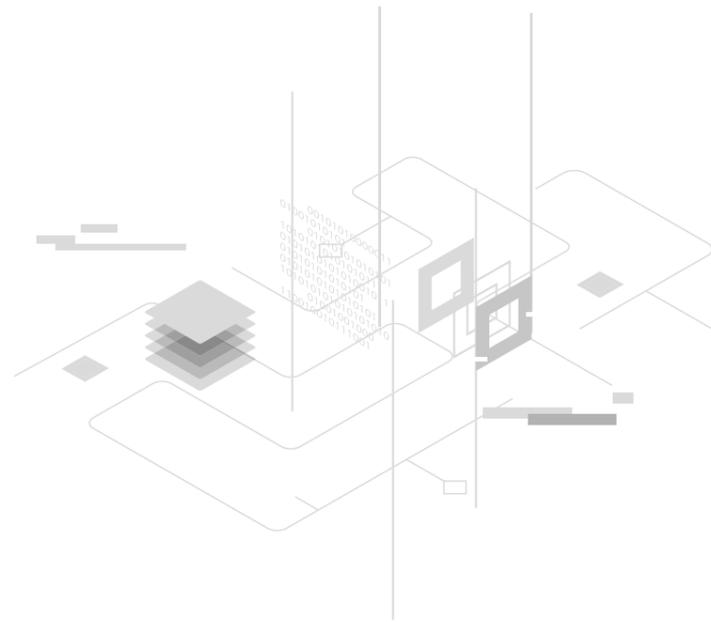
“Si lo que estás haciendo no lo estás moviendo hacia tus metas, entonces lo está alejando de tus metas “

Brian Tracy

Asesor en liderazgo

Estás ante el tercer y último capítulo de nuestro White Paper sobre Industrialización de la Construcción. En los dos anteriores números hemos hecho un recorrido por sus fundamentos y confluencia entre innovación, sostenibilidad y arquitectura. Llegados a este punto, tratamos la industrialización de la construcción, dentro de la realidad que ya es, como un modelo que requiere de un cambio más allá de la transformación en la ejecución de una obra y su sistematización. Ello supone un cambio en la mentalidad de todos los actores implicados, en la manera de entender y gestionar los recursos humanos y su relación con el medio de trabajo y el entorno y en la disposición a integrar soluciones y tecnologías, ya existentes o aún por desarrollar, en una evolución constante.

La Industrialización de la Construcción requiere, por tanto, de una transformación profunda desde el inicio en la concepción de los proyectos, minimizando las variables que en el sistema tradicional están sujetas a desviaciones por el propio devenir de la obra y abriendo paso a la incorporación de nuevos sistemas ya aplicados en otros ámbitos, como el blockchain. Este nuevo White Paper nos habla, en definitiva, del cambio de paradigma que hace converger calidad, rigor y un avance para el sector en una doble vertiente: mercantil y social.





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.

En 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.

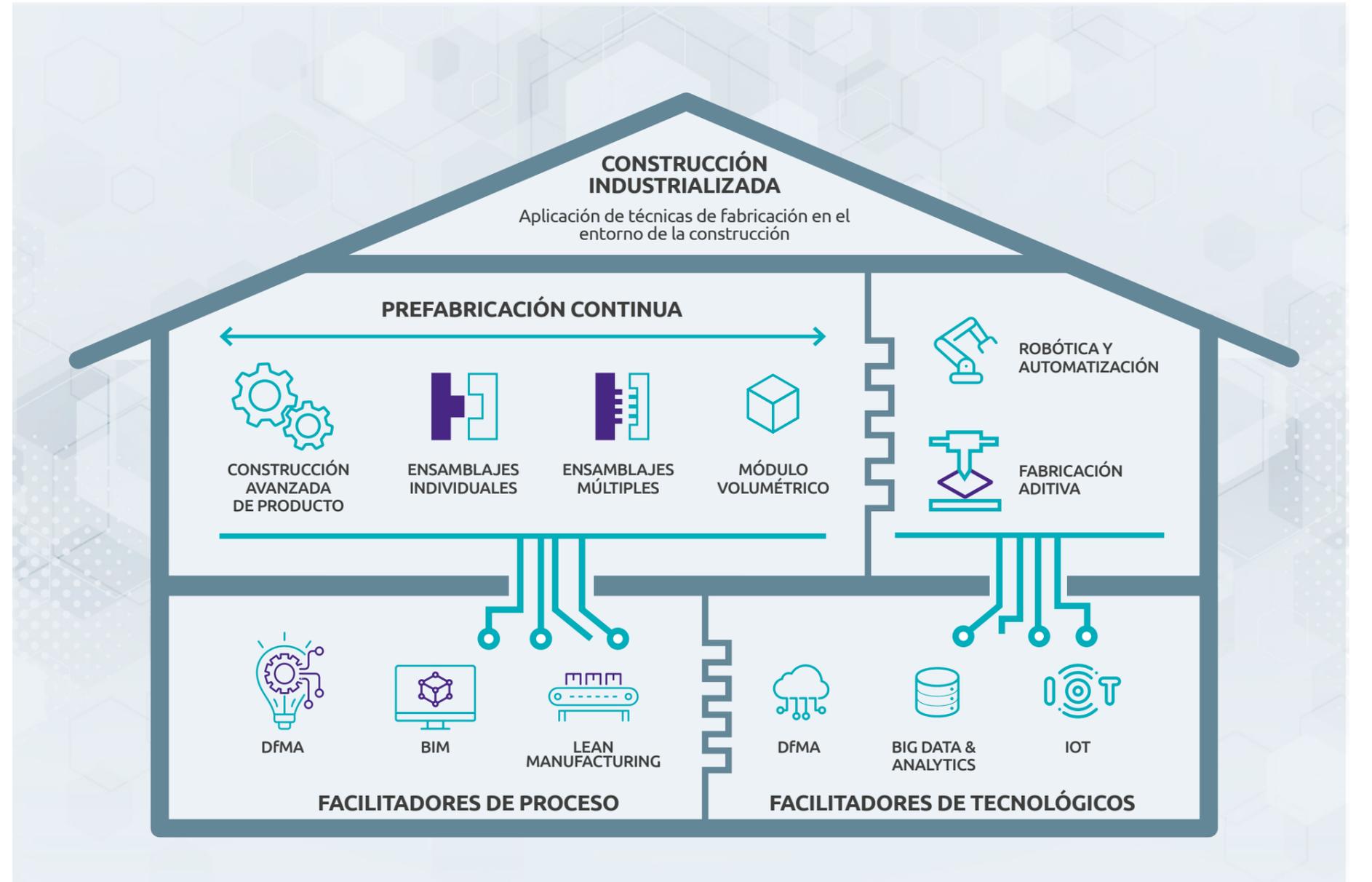
Asimismo confluye algo fundamental para que esta forma de construir haya venido, ¡por fin!, para quedarse: la necesidad de encaminar todas las acciones que emprenda el hombre hacia la SOSTENIBILIDAD, hacia el cuidado del Medio Ambiente y, en definitiva, hacia un mundo menos contaminado, por lo tanto,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

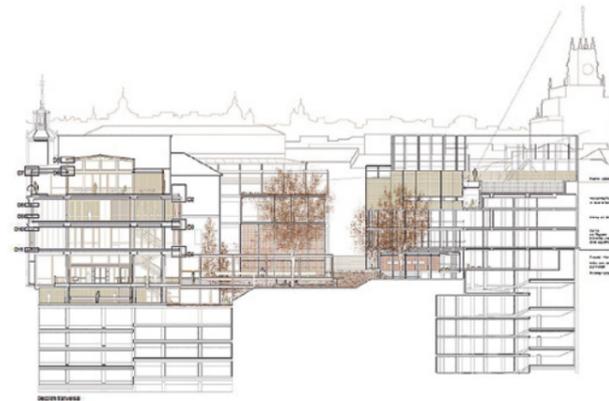


Menor tiempo de realización de nuestras viviendas (con lo que esto va a repercutir en las cuentas de resultados de nuestras empresas promotoras), mayor calidad en la ejecución de la gran mayoría de las partidas (pues se hacen en fábrica, bajo magníficas condiciones de trabajo y tecnología) y un menor 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 cambian 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. ■



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.¹

¹ Fuente: elaboración propia estudio Kömmerling

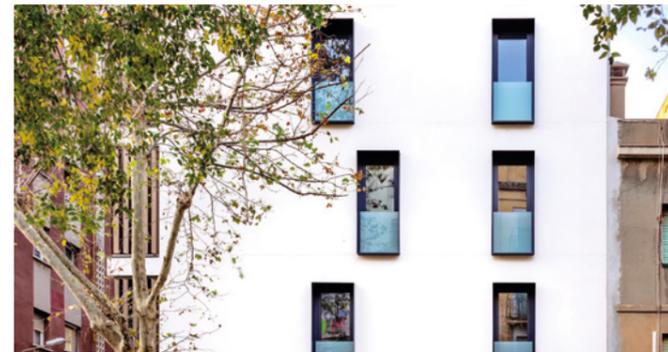
Como se suele decir en los entornos de gestión Lean, el dato anula la opinión, se puede estar más o menos de acuerdo en la necesidad de implantar cambios, pero cuando los datos son tan evidentes, se minimiza la discrepancia y toma fuerza la razón. Es difícil creer que a lo largo del contenido de estos 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.

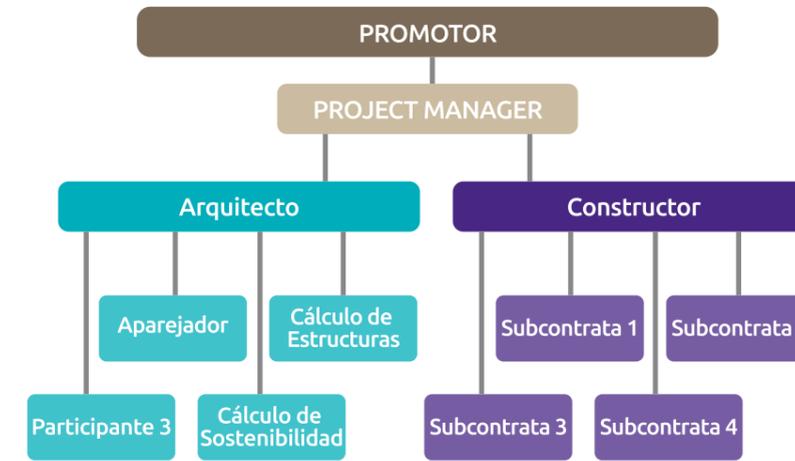
Experiencias reales como el proyecto del Edificio Zero de KÖMMERLING*, un proyecto que nació con el objetivo de construir un edificio de oficinas con objetivos ambiciosos: un edificio de Consumo de Energía Nulo (no Casi Nulo) a coste de ejecución según CTE, en el que la arquitectura jugase un papel protagonista. 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

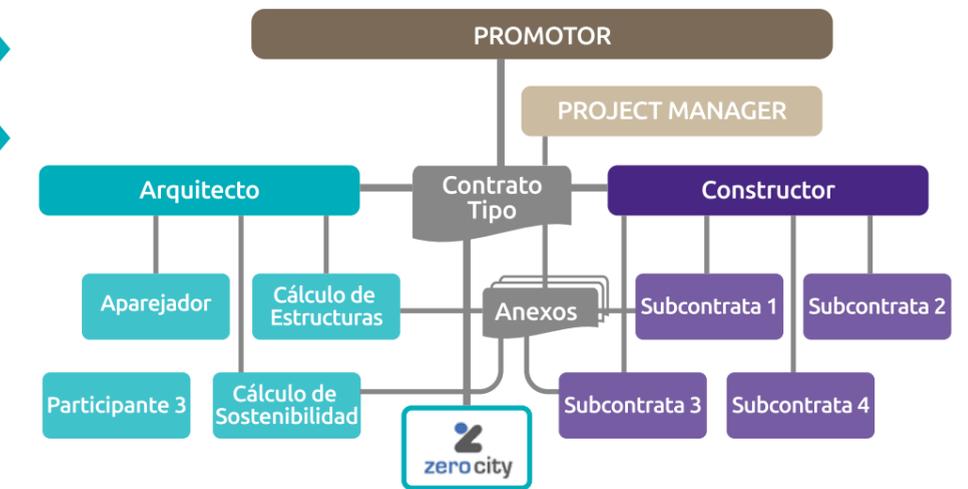


Fig. 1. Evolución modelo de contrato. Fuente Zero City

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.

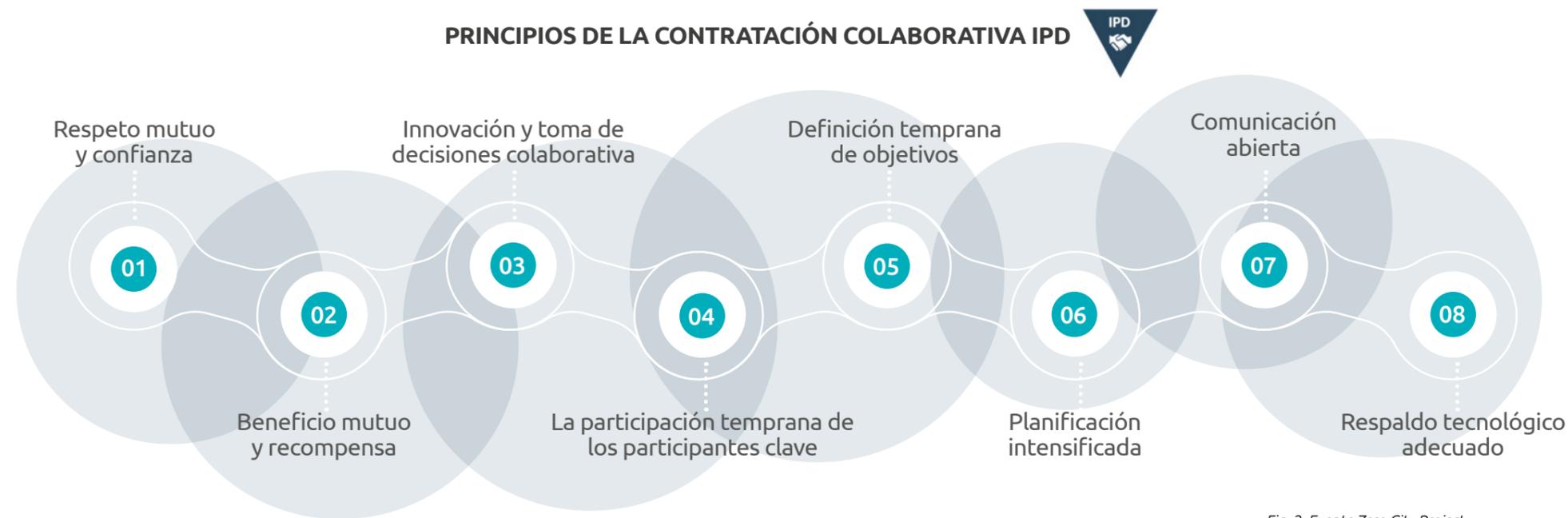


Fig. 2. Fuente Zero City Project

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:
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

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

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

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'

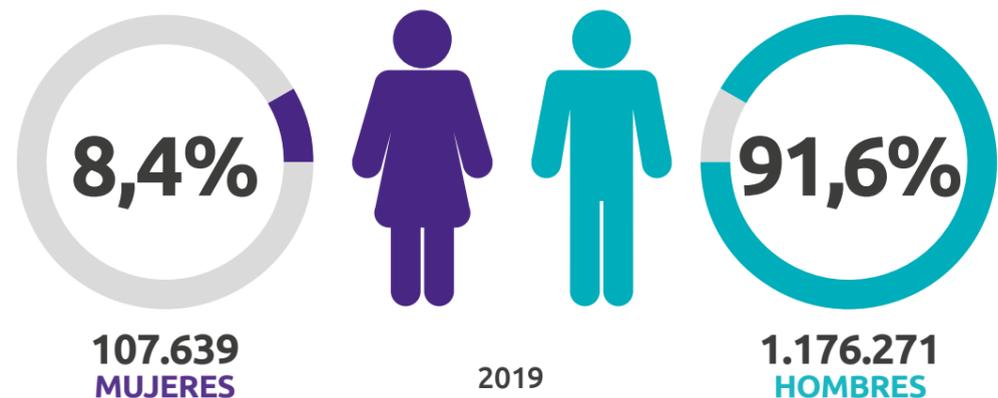
Se generan así nuevas oportunidades laborales, vinculadas a la demanda de perfiles más tecnológicos -como programadores- y fabriles -como es el caso de operarios y técnicos-, entre otros.

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.

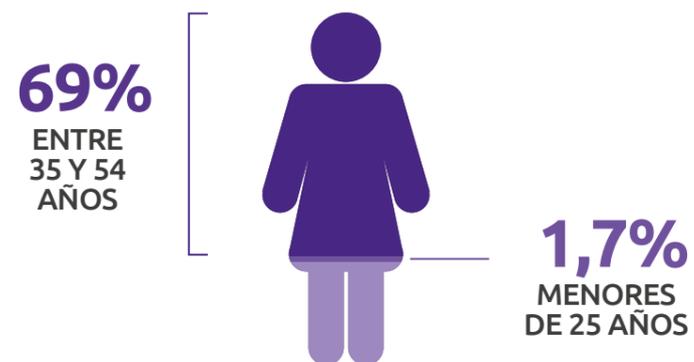
Un tipo de trabajo en fábrica que, además, permite otorgar un entorno más estable, en un lugar fijo de trabajo, con una producción preestablecida no dependiente de la activación o no de la obra, en localizaciones cambiantes.

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. ■



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 de Alastria 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.

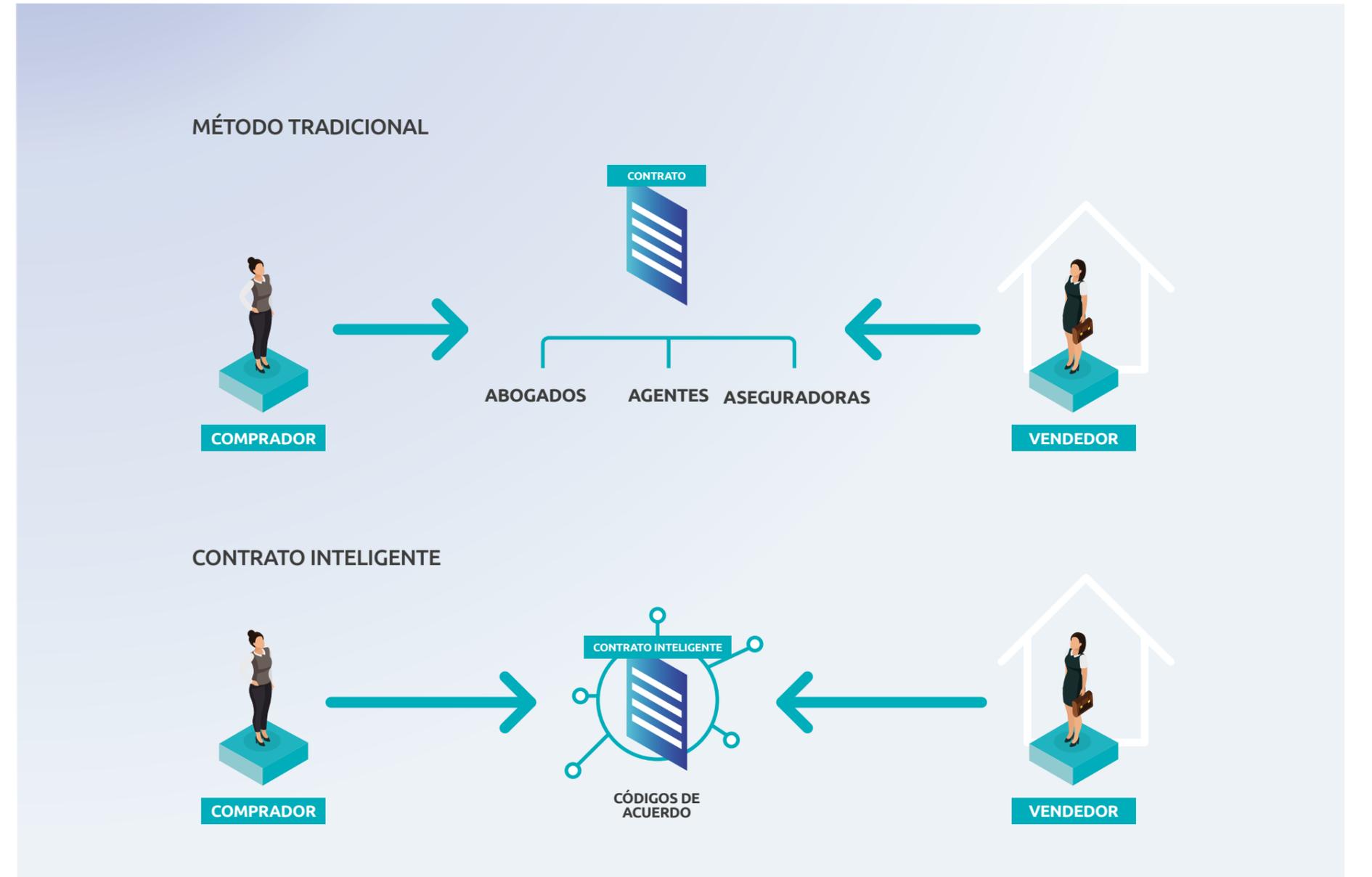
Esta tecnología va mucho más allá del conocido Bitcoin u otras criptomonedas que han ido surgiendo en estos últimos años dentro de nuestras economías. El blockchain se basa en la inmutabilidad, la trazabilidad, la descentralización, la transparencia y la veracidad de los datos. Estas, que son sus grandes 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,

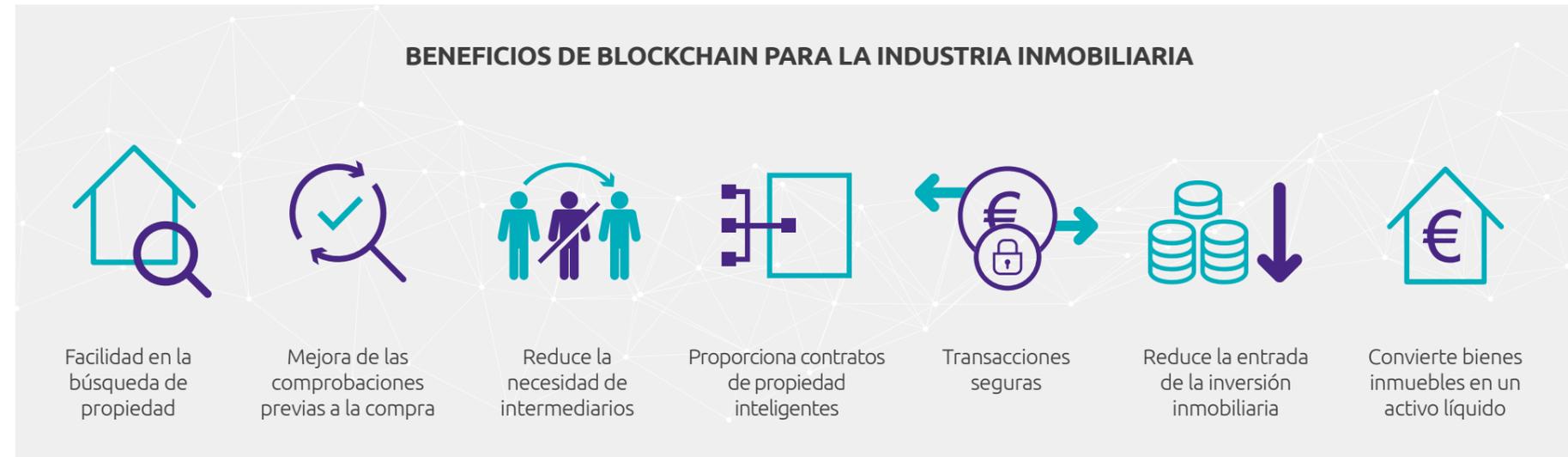
El blockchain se basa en la inmutabilidad, la trazabilidad, la descentralización, la transparencia y la veracidad de los datos.

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



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-



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 el sector 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. ■



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.

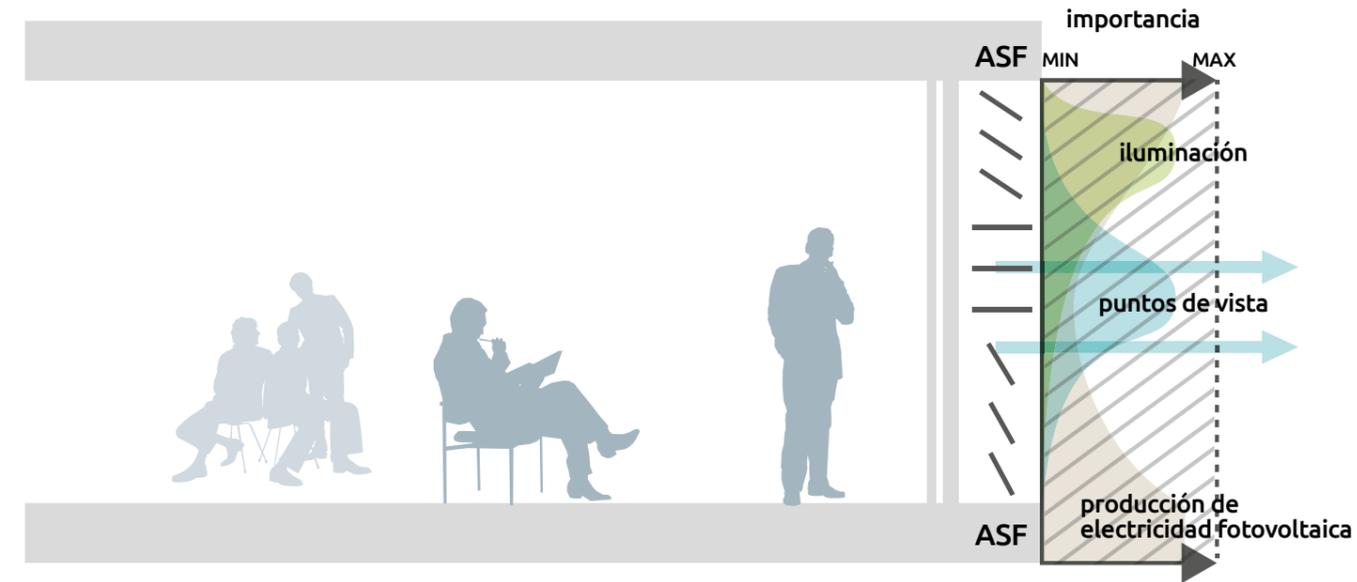
Dado el carácter privilegiado de la envolvente, estableciendo la frontera entre el interior, donde se busca maximizar el confort y las condiciones óptimas para el usuario y, el exterior, sujeto a la meteorología cambiante, las fachadas llevan años progresando hacia conceptos que se definen como una barrera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

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. ■



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 integrado en las necesidades de la sociedad, obliga 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
TOTAL	4.263,4	4.000,1	3.633,8	2.948,9	3.009,2	3.111,3	3.252,0	3.364,0	3.408,8	3.408,7	3.019,6
SECTOR											
Agrario	4.504,8	4.504,0	4.677,9	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	8.980,4	8.546,1	7.735,3	6.296,9	6.024,1	6.314,7	6.794,5	7.217,2	7.645,6	7.982,7	6.606,1
Servicios	3.141,4	2.996,9	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.

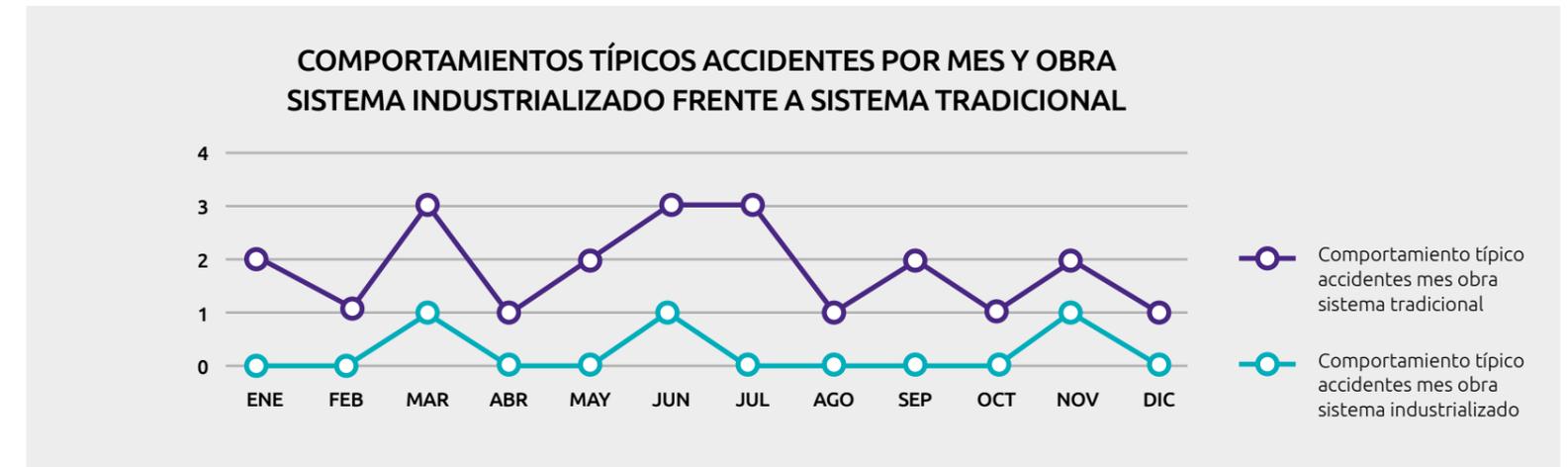
TABLA COMPARATIVA EN LA EJECUCIÓN DEL MURO, EN EL PRIMER CASO IN SITU Y EN EL SEGUNDO MEDIANTE PANELES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN. INSTITUTO REGIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD DE LA COMUNIDAD DE MADRID

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		
TOTAL	502	TOTAL	252

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		
TOTAL	443	TOTAL	323

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. ■



ESCRIBE:
Julen Astudillo Larraz
 Responsable de Envolvertes Activas y Adaptativas en Tecnalía

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.).

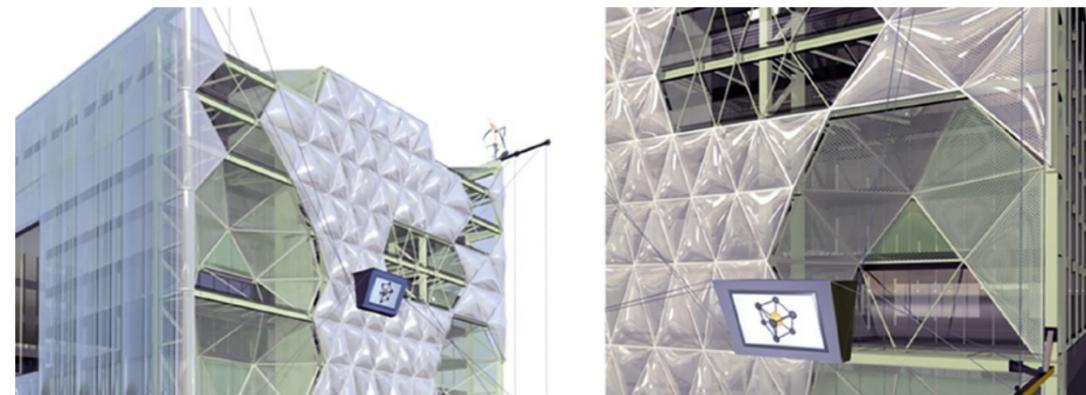
Asimismo, y derivado de esta manualidad en los trabajos (en muchos casos peligrosos) es uno de los sectores que presenta mayores problemas de siniestralidad tanto a nivel nacional como europeo. En España, presenta el mayor número de accidentes con baja por cada 100,000 trabajadores afiliados: un número total de 7.739 en 2018 con 2.000 más que el siguiente sector en el ranking.¹

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

¹ 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). ■

— Colaboradores



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

Perteneciente 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.



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.



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.



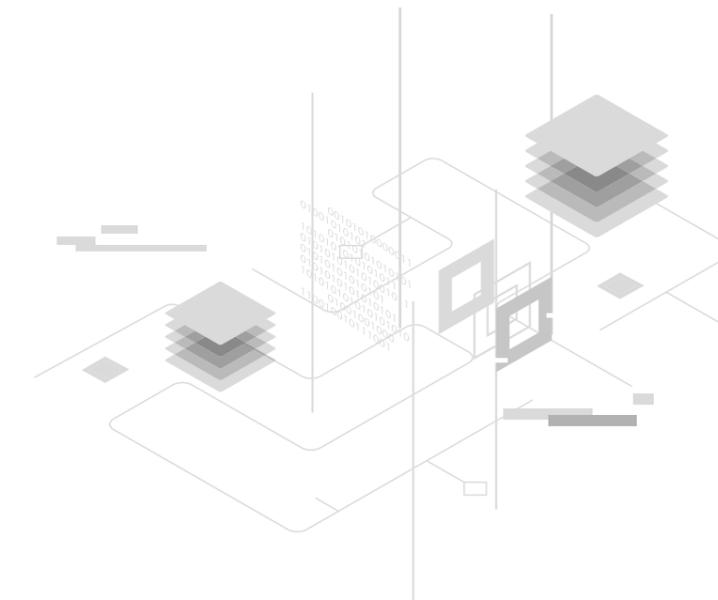
tecnalia.com

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.



NRO. 03. OCT.2020. AVINTIA INDUSTRIAL

**White Paper sobre la
Industrialización de
la Construcción_**





NRO. 03. OCT. 2020
AVINTIA INDUSTRIAL

White Paper
sobre la Industrialización
de la Construcción_

Avintia
Grupo

grupoavintia.com



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

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





Índice

¿QUÉ APRENDERÁ?	14
Introducción	15
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
PARTE PRIMERA	24
Historia de la industrialización de la construcción / edificación.	24
Capítulo 1. Historia de la industrialización de la edificación (desde Le Corbusier a Torroja)	24
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
Capítulo 2. La reconversión industrial del sector de la construcción / edificación.	39
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
TALLER DE TRABAJO	41
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
Capítulo 3. La diferencia entre industrialización y prefabricación.	60



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
TALLER DE TRABAJO. _____	63
Sistemas modulares como solución edificatoria alternativa a la construcción tradicional in situ. _____	63
La alternativa a la construcción convencional es la externalización de los elementos constructivos en centros de producción, la prefabricación. _____	63
Capítulo 4. Ventajas y desventajas de la prefabricación edificatoria. _____	71
1. Ventajas _____	71
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
2. Desventajas _____	72
a. Diseño (vivienda prefabricada). _____	72
b. Gastos de transporte e inversión inicial. _____	72
Capítulo 5. Críticas a la industrialización en el proceso constructivo. _____	74
1. Detractores de la industrialización en el proceso constructivo. _____	74
2. Es más caro edificar con productos industrializados que artesanalmente. _____	75
3. Industrialización componente (compatibilidad de módulos de distintas marcas). _____	78
PARTE SEGUNDA. _____	80
Industrialización de la construcción. _____	80
Capítulo 6. Industrialización de la construcción y prefabricados para la edificación. _____	80
1. Industrialización de las construcciones y prefabricación en la edificación. _____	80
2. Sistemas constructivos industrializados. _____	81
a. Industrialización cerrada _____	81
b. Sistema abierto de edificación ('open system building'). _____	82
3. Construcción modular. _____	85
a. Viviendas prefabricadas modulares. _____	86
b. Sistemas constructivos sostenibles. _____	87
4. I+D Investigación y desarrollo _____	87
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
Capítulo 7. Programa Europeo de Investigación, para la modernización del Sector de la Edificación. MANUBUILD. _____	94
1. Incorporar procesos sistematizados de diseño a sistemas industrializados de construcción de viviendas de industrialización abierta. _____	94
2. Herramientas informáticas _____	95
3. Construcción en seco. No agua en el tajo. _____	96
4. Obras rápidas y baratas sin almacenaje. _____	96



5. Estandarizar la producción de elementos edificatorios. _____	97
TALLER DE TRABAJO _____	100
I + D Edificación y construcción. Edificación industrializada con apoyo institucional.	100
TALLER DE TRABAJO _____	104
La construcción modular. Desafíos y oportunidades para la industria de la construcción. _____	104
Capítulo 8. Robótica e industria de la edificación. _____	110
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
CHECK-LIST _____	113
¿Qué es la construcción industrializada? _____	113
¿Cuáles son los sistemas de producción de elementos prefabricados? _____	113
CHECK-LIST _____	115
Las 20 Ventajas de la edificación modular industrializada. _____	115
PARTE TERCERA _____	117
Países líderes en prefabricación. _____	117
Capítulo 9. La industrialización edificatoria en los Países Escandinavos. _____	117
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
Capítulo 10. El pre ensamblaje de viviendas el Reino Unido. _____	122
1. Re-thinking construction. _____	122
2. I+D+i y pre-ensamblaje en la construcción. _____	123
Capítulo 11. La prefabricación en los Países Bajos. _____	124
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
Capítulo 12. Estados Unidos y la prefabricación de viviendas. _____	126
1. La vivienda prefabricada transportable. _____	126
2. Concurso 'Solar Decathlon' _____	127
TALLER DE TRABAJO _____	131
Solar Decathlon y patentes españolas. _____	131
1. Solar Decathlon Europe y España. _____	131



2. Patentes.	133
a. Sistema de techo solar auto-orientable.	133
b. Paneles solares móviles de la fachada.	133
c. Sistema de cimentación auto-elevable.	133
Capítulo 13. La prefabricación de viviendas en Japón.	135
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
PARTE CUARTA.	139
El futuro: globalización y China.	139
Capítulo 14. Globalización e industrialización de la edificación (módulos de China).	139
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
PARTE QUINTA	145
La industrialización de la construcción en España.	145
Capítulo 15. I+D en España: edificación artesanal en el siglo XXI.	145
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
Capítulo 16. Aplicación de la construcción modular a la edificación industrializada.	151
1. La construcción modular	151
2. Aplicación en viviendas unifamiliares	152
3. Edificios en altura	152
Capítulo 17. La industrialización total de la construcción con sistemas modulares de hormigón como opción idónea para lograr Edificios de energía casi nula (EECN).	153
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
TALLER DE TRABAJO _____	161
UNE-EN 13369. Reglas comunes para productos prefabricados de hormigón. _____	161
TALLER DE TRABAJO _____	169
Presencia española en prefabricados y construcción modular de hormigón. _____	169
APLIHORSA Modular _____	169
Bioclimática Modular Concept _____	169
Dragados S.A. - Caracola _____	169
Prefabricados Pujol _____	169
Roura Anglada _____	169
Worldmeter _____	169
TALLER DE TRABAJO _____	177
El futuro de las empresas españolas de prefabricados de hormigón. _____	177
TALLER DE TRABAJO _____	183
Control documental de suministro de elementos prefabricados de hormigón. _____	183
TALLER DE TRABAJO _____	187
Ventajas del BIM en los prefabricados de hormigón. _____	187
TALLER DE TRABAJO _____	194
Esquemas: BIM, industrialización y prefabricados de hormigón. _____	194
1. Modelado de información de la construcción. _____	194
2. Del BIM al futuro con los sistemas inteligentes de construcción. _____	194
TALLER DE TRABAJO _____	201
Soluciones prefabricadas para puentes y viaductos _____	201
Vigas pretensadas prefabricadas. _____	201
Diseño transversal de tableros con tirantes y puntales. _____	201
TALLER DE TRABAJO _____	205
Tuberías prefabricadas de hormigón armado. _____	205
Capítulo 18. La construcción modular en 3D o edificación integral industrializada _____	216
3. ¿Qué es la construcción modular en 3D? _____	216
a. Construcción a partir de módulos completos (integral) _____	216
b. Construcción componentes prefabricados que conformarán el módulo (componentes). _____	216
2. Construcción en 3D o edificación integral industrializada mediante prefabricados. _____	217
3. Sistemas de ensamblaje de módulos. _____	217
4. Tipología de los módulos según la tipología edificatoria. _____	217



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
TALLER DE TRABAJO	220
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
TALLER DE TRABAJO	238
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
TALLER DE TRABAJO	252
Estructuras Industrializadas en Edificios de Vivienda Colectiva	252
TALLER DE TRABAJO.	262
Pisos prefabricados de 70m2 por 65.000 euros en 5 meses y calidad CTE.	262
TALLER DE TRABAJO	264
Ejemplo de iniciativa de fabricante español de muro multiuso prefabricado de doble pared.	264
TALLER DE TRABAJO	266
Vivienda prefabricada. Edificación modular.	266
TALLER DE TRABAJO	268
Los prefabricados en la vivienda social de Madrid.	268
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
TALLER DE TRABAJO	284
Viviendas industrializadas.	284
TALLER DE TRABAJO	286
Industrialización y eficiencia energética de las fachadas de hormigón.	286
PARTE SEXTA	289
Agentes de la edificación en la prefabricación de edificios.	289
Capítulo 19. Agentes de la edificación en la prefabricación de edificios.	289



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
TALLER DE TRABAJO _____	297
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
PARTE SÉPTIMA _____	300
Reglamento europeo de Productos de Construcción 305/2011 (RPC) _____	300
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 _____	300
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	
TALLER DE TRABAJO. _____	345
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
TALLER DE TRABAJO. _____	371
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
TALLER DE TRABAJO _____	410
La Declaración de Prestaciones de los productos de construcción en la web del fabricante. _____	410
TALLER DE TRABAJO. _____	412
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
TALLER DE TRABAJO	487
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
PARTE OCTAVA	500
Tecnología y materiales en la edificación industrializada.	500
Capítulo 21. Procedimientos constructivos con prefabricados. Construcción modular.	500
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
Capítulo 22. Edificación industrializada modular aislada y en multiplanta.	516
1. Edificaciones modulares y módulos adosables.	516
2. Módulos monoblock.	517
3. Módulos sanitarios y grifería.	518
4. Escalera prefabricada. Losa escalera	518
Capítulo 23. Edificación industrializada integral mediante módulos tridimensionales	520
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
Capítulo 24. Sistemas de industrialización de edificaciones modulares.	527
1. Sistema Set home.	527
2. El sistema Transloko	529
TALLER DE TRABAJO	531
Ejemplo real de factoría de prefabricados de hormigón estructural de edificación residencial e industrial y de la obra civil.	531
TALLER DE TRABAJO	570
Vivienda prefabricada en una estructura de aluminio o de acero.	570
TALLER DE TRABAJO	572



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



ámbito de la construcción industrializada con elementos de hormigón. _____	626
TALLER DE TRABAJO _____	629
Recomendaciones para la instalación de redes de abastecimiento de agua potable. _____	629
TALLER DE TRABAJO _____	662
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
TALLER DE TRABAJO. _____	675
Estructuras industrializadas de hormigón armado. _____	675
TALLER DE TRABAJO _____	680
La prefabricación en hormigón. Las tecnologías multimateriales (co-inyección, bi-inyección, deposición metálica, etc.) _____	680
TALLER DE TRABAJO _____	686
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
TALLER DE TRABAJO _____	695
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
TALLER DE TRABAJO. _____	700
Fachadas industrializadas, paneles de hormigón armado y muros cortina. _____	700
TALLER DE TRABAJO _____	702
Panel prefabricado para fachadas. Hormigón arquitectónico. Lámina de hormigón armado con acero. _____	702
TALLER DE TRABAJO _____	706
Pavimentos prefabricados de hormigón _____	706
TALLER DE TRABAJO _____	711
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
TALLER DE TRABAJO.	720
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
TALLER DE TRABAJO	729
Paneles translúcidos de poliéster con fibra de vidrio y nanogel.	729
9. Yeso. Bloques de yeso prefabricado y paneles de fibra-yeso.	730
TALLER DE TRABAJO	730
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
TALLER DE TRABAJO.	732
Tabiquería industrializada. Tabiques de placas de yeso, fibra yeso y escayola.	732
TALLER DE TRABAJO.	734
Mamparas modulares divisorias.	734
TALLER DE TRABAJO	736
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
TALLER DE TRABAJO.	746
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
TALLER DE TRABAJO	752
Láminas flexibles de policloruro de vinilo (PVC) y su uso en techos.	752
TALLER DE TRABAJO	754
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
TALLER DE TRABAJO	760



Ventajas y modo de instalación del "Bloque de Arcilla Aligerado". Marca Termoarcilla. _____	760
TALLER DE TRABAJO _____	765
"Bloque de Arcilla Aligerado". Marca Termoarcilla. _____	765
14. Sanitarios y grifería prefabricada. _____	766
TALLER DE TRABAJO _____	766
Domótica hídrica o la desaparición de sanitarios y grifería termostática. _____	766
TALLER DE TRABAJO _____	768
Aseos prefabricados _____	768
Capítulo 26. Medioambiente y reciclaje en la edificación industrializada. ____	776
1. Gestión de residuos y demoliciones y ventajas del uso de prefabricados. _____	776
2. Materiales reciclables y reutilización en la edificación industrializada. _____	778
TALLER DE TRABAJO _____	781
Viviendas prefabricadas con certificado LEED. _____	781
TALLER DE TRABAJO. _____	784
Refrigeración magnética. Cambios de temperatura en materiales por magnetismo. _____	784
Capítulo 27. Construcción industrializada y prefabricados en la rehabilitación y mantenimiento de edificios. _____	786
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
PARTE NOVENA _____	793
Los clústers de industrialización de la construcción. _____	793
Capítulo 28. Los clústers de industrialización de la construcción. _____	793
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
TALLER DE TRABAJO _____	800
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.