



## PREFABRICADOS DE HORMIGÓN BAJO EL ASPECTO DE LA ENERGÍA Y LA SOSTENIBILIDAD.



- 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.

13 de diciembre de 2019. *Héctor Sánchez-Cía González*

### [Edificación industrializada y prefabricados](#)

**Adjuntamos vídeo de un nuevo Desayuno Técnico de ANDECE dedicado a analizar las posibilidades que se le abren a la industria del prefabricado de hormigón en un contexto donde cada vez más priman los criterios de sostenibilidad en la construcción. Mayor uso de adiciones para reducir la carga ambiental, empleo de áridos reciclados, tecnología fotocatalítica o integración de energía renovables son algunas de las líneas que ya se están aplicando y que están transformando la forma de concebir la construcción con sistemas prefabricados de hormigón.**

**Encuentro técnico celebrado el 11 de diciembre de 2019, presentado por Alejandro López (Director Técnico de ANDECE) y que contó con la exposición de Jesús del Val (Director de NOVALKIM SOLUTIONS).**

El pasado miércoles 11 de diciembre tuvo lugar una conferencia dentro de los Desayunos Técnicos mensuales que organiza ANDECE (Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón) de la mano de Jesús del Val Molina, Director de NOVALKIM y Alejandro López Vidal, Director Técnico de ANDECE quienes nos hablaron sobre las grandes posibilidades que se le abren a la tecnología de los elementos prefabricados de hormigón en un contexto en que la energía y la sostenibilidad serán cada vez más importantes.

El encuentro ha coincidido con la cumbre del Clima celebrada en Madrid, por lo que la ocasión era propicia para abordar el tema. Hace sólo unas semanas saltaron todas las alarmas cuando la ONU declaró la emergencia climática y medioambiental. En este sentido, la construcción en su conjunto, y los materiales

>Para aprender, practicar.

>Para enseñar, dar soluciones.

>Para progresar, luchar.

Formación inmobiliaria práctica > Sólo cuentan los resultados



con las que se conforman, deben desempeñar un papel relevante en este cambio de modelo productivo.



El hormigón es el material de construcción de mayor uso a nivel universal. Sin embargo, cuenta con el hándicap de la carga ambiental derivada del cemento. Esta teórica debilidad se presenta como una oportunidad para que el sector del prefabricado profundice en la búsqueda de numerosas vías de mejora.



Hay que tener en cuenta que el potencial de calentamiento global (o huella de CO<sub>2</sub>) es uno de los 22 indicadores de las declaraciones ambientales de producto de las normas europeas (el año que viene se prevé que incorporen 6 indicadores más haciendo un total de 28).

En este sentido, se destacó la publicación reciente por parte de ANDECE de seis declaraciones ambientales en las principales categorías de productos prefabricados de hormigón y el objetivo futuro de abordar todo el ciclo de vida, para maximizar las grandes ventajas que ofrece esta tecnología constructiva (durabilidad, reutilización o reciclabilidad).

A continuación nos mostraron que al realizar una rehabilitación de una casa tipo G (la más baja calificación energética) que consume alrededor de 560 kilovatios/hora por metro cuadrado al año podrían transformarla en una casa tipo A (idónea) ya que esta consume en torno a 56 kilovatios/hora por metro cuadrado al año, una décima parte.

Las fortalezas del prefabricado del hormigón son variadas: durabilidad, resistencia mecánica, inercia térmica, flexibilidad en el diseño, ventajas a nivel acústico ya que hay una eliminación de juntas, uso de materiales reciclados y resistencia al fuego. Esta última la recalcan, ya que nos aseguran que habrá una nueva legislación al respecto.

Recalquemos que algunas de las fortalezas y desventajas van sincronizadas, por ejemplo tenemos un peso elevado que nos dificulta el transporte, pero nos facilita en el resto de etapas, especialmente durante el servicio del edificio en cuanto a una notable mejora del comportamiento acústico o mayor inercia térmica.

Se aseguró que el 90% de los materiales necesarios están en la corteza terrestre, de tal forma que resulta una gran ventaja, pues están son fácilmente accesibles y posibilitan la creación de industria local generadora de riqueza.

Se expuso un estudio que revela que el proceso más importante para intentar reducir el consumo del cemento es en el fabricado original. Tienen dos "eco-diseños" realmente interesantes, el primero es el de la "passivhaus": que habla del aislamiento térmico, hermeticidad del aire, ausencia de puentes térmicos, recuperación del calor de la ventilación y ventanas y puertas eficientes térmicamente.



El segundo "eco-diseño" se denomina "wellness" cuyo objetivo es diseñar proyectos prefabricados que obtengan incorporados las siguientes propiedades, confort térmico, iluminación natural, aire limpio y agua pura. Y para finalizar la conferencia hablaron de la tecnología radical, ya sea sobre fabricación aditiva 3D, es decir, prefabricados al instante o usar balance cero de CO2 en el cemento y nos aseguran que se están innovando en este campo, ya que afirman que hay estudios al respecto en elementos no estructuralmente resistentes.

Mejorar la capacidad energética a través de la activación de la inercia térmica, elementos descontaminantes con la propiedad fotocatalítica o empleo de RCD's para procesar áridos reciclados, son otras de las tecnologías que se están potenciando para incrementar la vertiente sostenible en prefabricados.

## POR LA EDIFICACIÓN INDUSTRIALIZADA Y SOSTENIBLE

### EN PREFABRICADO DE HORMIGÓN

La recuperación de la edificación está llevando emparejada diversas corrientes (BIM y digitalización, esquemas de certificación de la sostenibilidad, etc.) además de una serie de cambios sociales que progresivamente están transformando la forma de concebir la construcción de edificios e infraestructuras, desde que se planea cualquier proyecto constructivo hasta que la obra finaliza y se entrega, e incluso durante su larga etapa de funcionamiento. Pero si hay una auténtica tendencia que está alterando los parámetros que hasta ahora regían los proyectos de edificios, esa es sin duda la industrialización.

LA INDUSTRIALIZACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN SE PUEDE DEFINIR DE DISTINTAS MANERAS, PERO POSIBLEMENTE LA MÁS ILUSTRATIVA PASA POR ESTIMAR EL PORCENTAJE DE TAREAS CONSTRUCTIVAS CON RESPECTO DEL TOTAL, QUE SE ANTICIPAN A LA OBRA EN SÍ, Y SE LLEVAN A CABO EN UN TALLER O UNA PLANTA INDUSTRIAL, UN ENTORNO MUCHO MÁS AUTOMATIZADO Y CONTROLADO, CON LAS CONSECUENCIAS QUE DE ELLO SE DERIVAN.

### VENTAJAS MEDIOAMBIENTALES Y DE CALIDAD

LA CONSTRUCCIÓN ACTUAL SIGUE SIENDO PREDOMINANTEMENTE HÚMEDA. SE PRODUCEN NUMEROSAS JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN ENTRE MATERIALES DE DISTINTO COMPORTAMIENTO, LO QUE DIFICULTA REALIZAR UN BUEN CONTROL DE CALIDAD.

Para ilustrar la eficiencia de una construcción industrializada, o más bien la casi inevitable ineficiencia que implica una construcción convencional, donde “fábrica” y obra se simultanean en el mismo espacio durante el mismo periodo de tiempo, nos referimos a un interesante estudio realizado por Flavio Picchi, Director del Instituto de Lean Construction de Brasil, quien para su tesis doctoral y tras analizar el proyecto y la construcción de más de 30 edificios realizados en Brasil, llegó a la conclusión de que:

"EXISTE UN 30% DEL COSTE TOTAL DE LA OBRA COMPUESTO POR DESPERDICIOS, ES DECIR, SI POR EJEMPLO TUVIÉRAMOS UN PROYECTO DE CUATRO EDIFICIOS, EL CUARTO DE ELLOS SE PODRÍA CONSTRUIR CON LOS DESPERDICIOS DE LOS OTRAS TRES".

## POR LA EDIFICACIÓN INDUSTRIALIZADA Y SOSTENIBLE

### EN PREFABRICADO DE HORMIGÓN

LAS SOLUCIONES INDUSTRIALIZADAS ACORTAN LOS PLAZOS DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS Y ELLO SUPONE UNA REDUCCIÓN DE LOS GASTOS DE ENERGÍA CONSUMIDA EN LA EJECUCIÓN DE LAS MISMAS, en comparación con la ejecución “in situ”.

OTRO ASPECTO QUE JUEGA A FAVOR DE LA INDUSTRIALIZACIÓN ES EL BAJO CONSUMO DE AGUA EN LA OBRA (MONTAJE EN SECO), a diferencia de la construcción in situ.

TAMBIÉN IMPLICA UNA MENOR PERTURBACIÓN DE LAS ZONAS ALEDAÑAS (RUIDO, SUCIEDAD AMBIENTAL, DIFICULTAD DE PASO, número de transportes necesarios, etc.) durante el periodo de ejecución de la obra.

### ESPACIOS MÁS CONFORTABLES, MÁS DURABLES, MENOS REPARACIONES

En primer lugar, EL HORMIGÓN ES UN MATERIAL INOCUO, QUE NO GENERA COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES Y CUYOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS SE PUEDEN LLEGAR A COLOCAR SIN NECESIDAD DE REVESTIDOS DE CAPAS O PINTURAS POTENCIALMENTE POCO SALUBRES.

Por otro lado, de todas las características que debe tener un material o un sistema constructivo, probablemente la durabilidad suponga la más importante en un enfoque sostenible. Un material, por muy baja carga ambiental tenga en su origen, si no es durable no puede ser sostenible.

LA DURABILIDAD DE LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN, ESPECIALMENTE AQUELLOS CON FINES ESTRUCTURALES, ES UNA DE SUS CARACTERÍSTICAS MÁS RECONOCIDAS Y PERMITE ASEGURAR UNA VIDA ÚTIL SUPERIOR A LA ESTABLECIDA REGLAMENTARIAMENTE (50 AÑOS EN EL CASO DE LOS EDIFICIOS).

De esta forma, la posible generación de residuos y/o necesidad de extraer nuevos recursos con que producir nuevos elementos destinados a nuevas construcciones se amortizan en un periodo de tiempo más largo.

ADEMÁS, LA GRAN INERCIA TÉRMICA DEL HORMIGÓN HACE QUE LOS EDIFICIOS REQUIERAN MENOR CONSUMO DE ENERGÍA PARA SU ACONDICIONAMIENTO Y PRESENTAN TEMPERATURAS MÁS ESTABLES, MEJORANDO DOBLEMENTE EL GASTO ENERGÉTICO Y EL CONFORT DE LOS OCUPANTES.

### INCORPORACIÓN DE LA MUJER AL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

La obra no es un entorno amable para el trabajo, en la medida que existen obstáculos, climatología adversa, maquinaria pesada, trabajos generalmente con mayor componente físico,

## POR LA EDIFICACIÓN INDUSTRIALIZADA Y SOSTENIBLE

### EN PREFABRICADO DE HORMIGÓN

etc. Esto quizás explique que únicamente un 9 % de las personas que trabajan en la construcción sean mujeres y fundamentalmente en puestos directivos, y no en la propia obra. Con la industrialización, cabe esperar que el porcentaje de mujeres aumente, al trasladar a la fábrica un mayor número de operarios, en un ambiente más ordenado y limpio.

SE PERMITE UN MAYOR GRADO DE CONCILIACIÓN AL TRABAJAR EN TURNOS ORGANIZADOS, REPERCUTIENDO TODO ELLO EN UN MAYOR GRADO DE SATISFACCIÓN LABORAL.

### MAYOR SEGURIDAD LABORAL

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.

Además, se lleva a cabo en condiciones de trabajo mucho más seguras para los operarios que la construcción convencional, al reducir significativamente la sobrecarga habitual de maquinaria, materiales, medios auxiliares (encofrados, andamios, apuntalamientos, etc.) y personas en la obra que interaccionan en un espacio acotado, reduciendo el tiempo de exposición a los riesgos por la mayor velocidad de ejecución que se acaba de mencionar.

Esta gran diferencia se demuestra en un estudio acometido por el Instituto Regional de Seguridad y Salud de la Comunidad de Madrid. En este trabajo se compararon dos combinaciones de obras reales: un forjado y un muro, cada uno de ellos realizado mediante elementos prefabricados de hormigón en un caso, 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.

### MANTENIMIENTO Y CREACIÓN DEL TEJIDO EMPRESARIAL LOCAL

La construcción industrializada se nutre del servicio de empresas que producen los elementos y sistemas, independientemente de donde esté la demanda.

DE ESTA FORMA SE PUEDE CONTRIBUIR MUCHO MEJOR AL INICIO Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE PRODUCCIÓN EN DISTINTOS PUNTOS DEL TERRITORIO, CREANDO ASÍ UNA MAYOR ESTABILIDAD EN EMPLEOS EN ZONAS DE MENOR DESARROLLO URBANÍSTICO Y EN ZONAS RURALES.

## POR LA EDIFICACIÓN INDUSTRIALIZADA Y SOSTENIBLE

### EN PREFABRICADO DE HORMIGÓN

#### DIGITALIZACIÓN, INDUSTRIA 4.0, BIM

La incipiente industria 4.0 está impulsando un cambio de mentalidad que está gestando un nuevo paradigma en la forma de pensar la arquitectura y la construcción. La aparición de la metodología BIM que se basa en la elaboración de modelos 3D que permiten hacer simulaciones del comportamiento del futuro edificio y dotan al proyectista, constructor, promotor e incluso usuarios finales de un control total sobre el proyecto y la construcción. Uno de los aspectos más destacados de BIM es que todos los agentes implicados trabajan en un mismo modelo virtual, lo que conduce a una mejor comunicación y menos conflictos, especialmente en la fase de diseño.

**ESTO DIFIERE ENORMEMENTE DEL MODO DE TRABAJO TRADICIONAL, EN EL QUE LOS PARTICIPANTES SUELEN COLISIONAR A LO LARGO DEL PROYECTO Y LA CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO, PRODUCIÉNDOSE HABITUALMENTE ALTERACIONES IMPREVISTAS DEL PROYECTO, RESIDUOS EVITABLES, RETRASOS, ETC. LO QUE INFLUYE NEGATIVAMENTE EN LA OBRA EN SU CONJUNTO.**

#### EFICIENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN

La elevada generación de residuos, el alto consumo de agua y el uso intensivo energético de la construcción in situ, son inasumibles desde todos los prismas que se evalúen: medioambiental, social y económico.

Esto, además, queda refrendado por datos absolutamente concluyentes de la **PRODUCTIVIDAD UNITARIA DE AMBAS METODOLOGÍAS: 6-7 HORAS-HOMBRE/M2 DE LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA, FRENTE A 25-30 HORAS-HOMBRE/M2 DE LA CONSTRUCCIÓN CONVENCIONAL.**

La construcción convencional es muy dependiente de la mano de obra, frente a la construcción industrializada cuyos procesos pueden llegar a realizarse hasta un 85-90% en fábrica, un entorno mucho más estable para el trabajador y basado en técnicas más automatizadas.

#### REFERENCIAS, TABLAS, GRÁFICOS E IMÁGENES

- Máster de construcción industrializada en hormigón. <http://capacitacionprefabricados.com/>
- Guía Autodeclaraciones ambientales de productos prefabricados de hormigón – ANDECE <http://www.andece.org/declaraciones-ambientales-andece/>
- Guía BIM para empresas de prefabricados de hormigón <http://www.andece.org/galeria-genericos-bim-de-andece/>
- Guías técnicas de ANDECE: Estructuras prefabricadas de hormigón, Fachadas prefabricadas de hormigón <https://www.andece.org/publicaciones-andece/>
- Vídeos de las presentaciones del Foro Técnico ANDECE 2019 sobre construcción industrializada [https://www.youtube.com/channel/UC0iZBx469JRM1Oc\\_eXcQVQ](https://www.youtube.com/channel/UC0iZBx469JRM1Oc_eXcQVQ)

## POR LA EDIFICACIÓN INDUSTRIALIZADA Y SOSTENIBLE

### EN PREFABRICADO DE HORMIGÓN

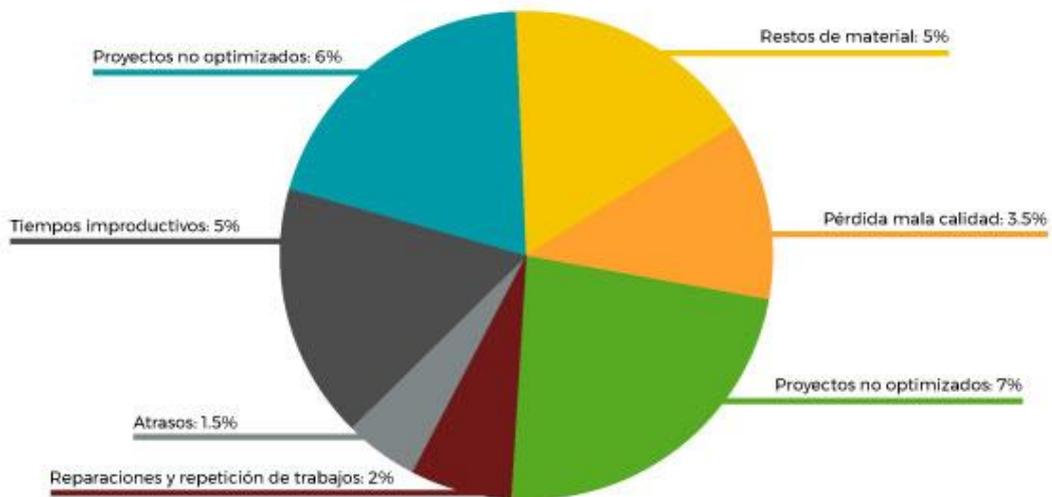
	<b>Construcción tradicional</b>	<b>Construcción industrializada</b>
Calidad	Elementos se manufacturan y/o ejecutan en la propia obra, mayor influencia del error humano (más rechazos)	Mayor control (cada pieza tiene su destino), menor influencia del error humano (se sustituyen los albañiles por montadores: la pieza tiene su lugar).
Precisión	Mayo grado de admisión de los errores. Las tolerancias se basan en centímetros	La precisión dimensional y espacial de los elementos es crucial. Las tolerancias se basan en milímetros
Mano de obra	Dependencia casi exclusiva de la capacitación técnica de la mano de obra humana disponible	Procesos más automatizados
Costes	En origen, normalmente menor. Pero mayor riesgo de imprevistos y desviaciones económicas	Precio cerrado en proyecto, partidas totalmente controladas
Inversión	Depende de la envergadura de la obra	Mayor amortización y mantenimiento de los equipos necesarios, suponiendo un coste importante especialmente al inicio y que se irá reduciendo a medida que se aumenten el volumen de producción
Plazos	El mayor grado de indefinición y la mayor interacción entre los distintos agentes provoca desviaciones en tiempo	Mayor rapidez (hasta un 50% de reducción de plazos) al solapar ejecución y fabricación de los elementos, mayor cumplimiento en la planificación de la obra, rápida apertura de tajos para otros gremios, menor dependencia de condiciones climatológicas
Limpieza	La obra es la fábrica al mismo tiempo, coincidiendo en un espacio reducido materiales y restos, maquinaria, accesorios y personal. Muchos excedentes de materiales	Menor generación de residuos (no se sobreproduce)  Los elementos y sistemas incluso se pueden colocar sin tener que descargarse, directamente desde el medio de transporte
Impactos	Mayor tiempo y mayor necesidad de espacio para el desarrollo de todas las tareas	Menor impacto en las zonas aledañas (menores molestias causadas a las personas que habitan o transitan por ellas por ruido, cortes de tráfico, generación de polvo) y durante menor tiempo (ejecución más ágil)
Productividad	Menores rendimientos esperados al realizarse en ambiente exterior afectado por las condiciones climatológicas	Mayor organización en la industria mediante turnos de trabajo claramente definidos

## POR LA EDIFICACIÓN INDUSTRIALIZADA Y SOSTENIBLE

### EN PREFABRICADO DE HORMIGÓN

#### Construcción industrializada VS tradicional

En la construcción tradicional, "existe un 30% del coste total de la obra compuesto por desperdicios". Este 30% se desgaja de la siguiente manera:



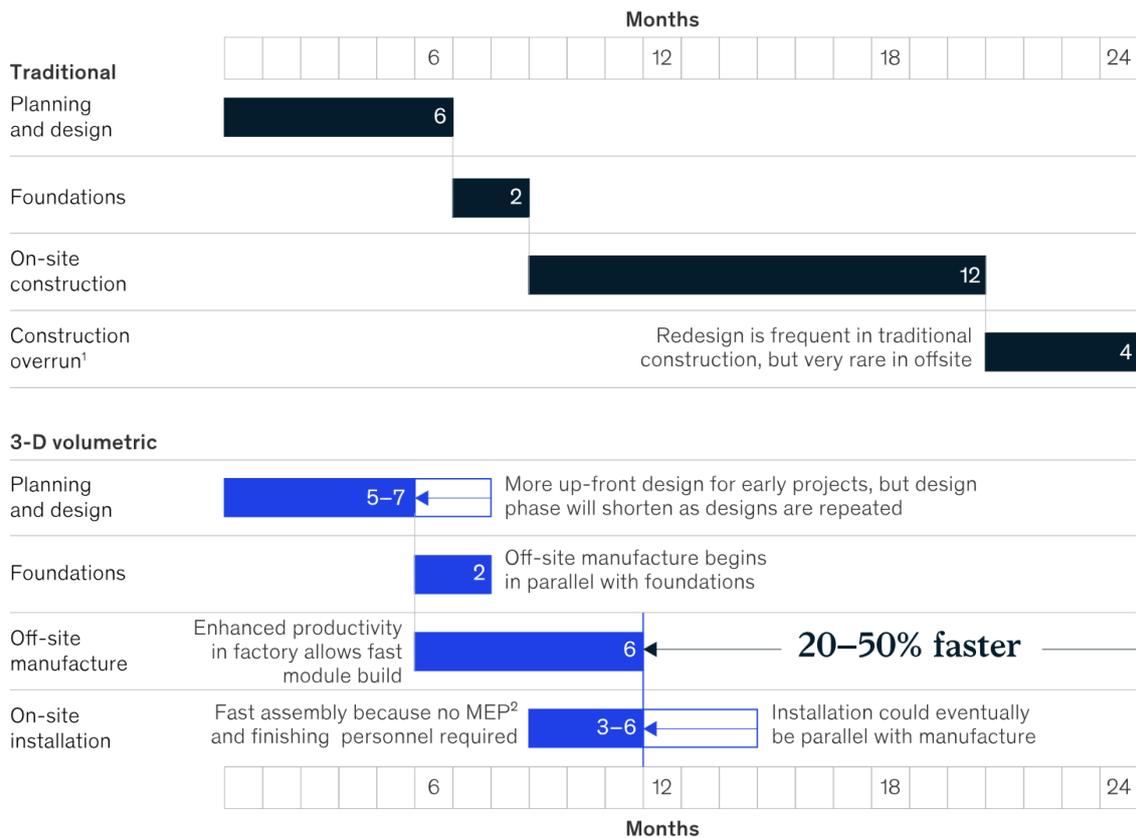
Estudio realizado por Flavio Picchi, Director del Instituto de Lean Construction de Brasil

## POR LA EDIFICACIÓN INDUSTRIALIZADA Y SOSTENIBLE

### EN PREFABRICADO DE HORMIGÓN

**Using 3-D volumetric modules can deliver 20 to 50 percent schedule compression.**

**Example apartment-project-construction duration, traditional vs off-site 3-D volumetric, months**



<sup>1</sup>Overruns of 25-50% of projected construction duration are common.

<sup>2</sup>Mechanical, electrical, and plumbing.

Source: Case studies; interviews; McKinsey analysis



Figura.- En el caso de la construcción industrializada mediante módulos tridimensionales (máximo grado de industrialización), se pueden reducir los plazos hasta un 50%. Fuente: McKinsey & Company <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/modular-construction-from-projects-to-products>

## POR LA EDIFICACIÓN INDUSTRIALIZADA Y SOSTENIBLE

### EN PREFABRICADO DE HORMIGÓN

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

Imagen.- 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 [[http://www.andece.org/images/BIBLIOTECA/buenas\\_practicas\\_preventivasph.pdf](http://www.andece.org/images/BIBLIOTECA/buenas_practicas_preventivasph.pdf)].

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

Imagen.- 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 [[http://www.andece.org/images/BIBLIOTECA/buenas\\_practicas\\_preventivasph.pdf](http://www.andece.org/images/BIBLIOTECA/buenas_practicas_preventivasph.pdf)].

## POR LA EDIFICACIÓN INDUSTRIALIZADA Y SOSTENIBLE

### EN PREFABRICADO DE HORMIGÓN



Imagen.- La construcción modular en hormigón reduce al mínimo posible las tareas de obra, siendo la que más rendimiento produce



Imágenes.- Estructura prefabricada de hormigón frente a una estructura resuelta in situ. Eficacia en la construcción.

## POR LA EDIFICACIÓN INDUSTRIALIZADA Y SOSTENIBLE

### EN PREFABRICADO DE HORMIGÓN

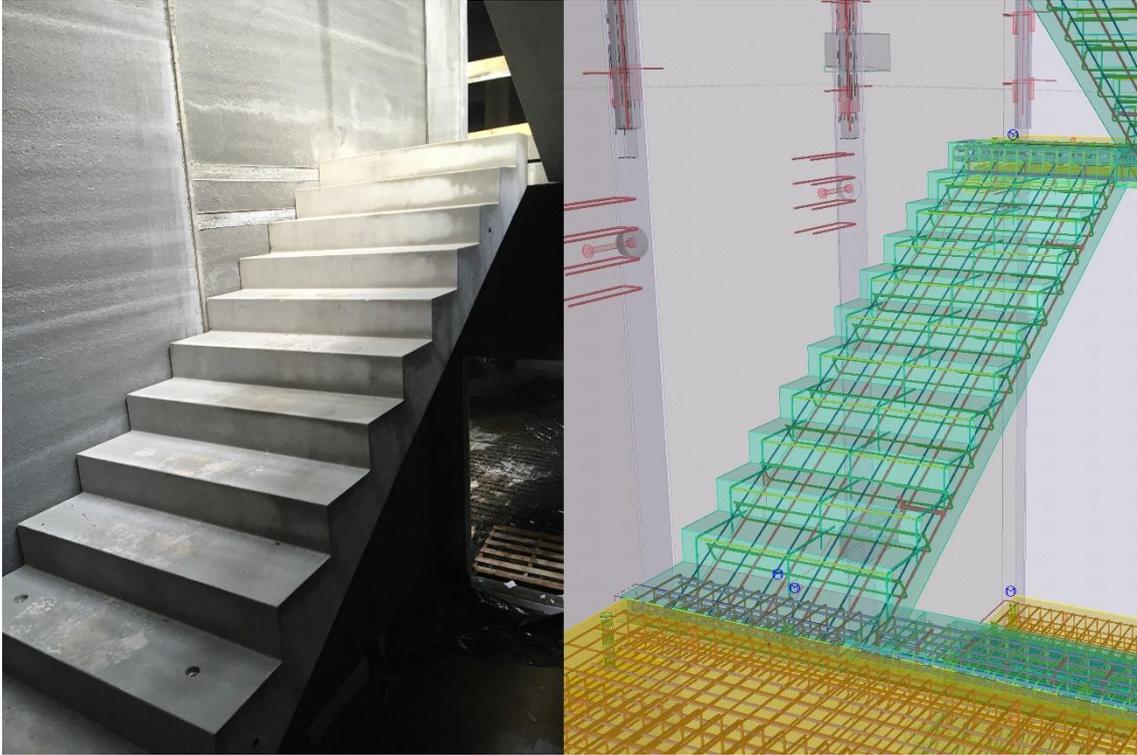


Figura.- Elementos prefabricados de hormigón ya colocados en obra y modelo BIM. Digitalización, Industria 4.0



## **ANDECE se suma a la Declaración de Emergencia Climática impulsada por el Observatorio 2030 del Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos**

*Miércoles, 4 de diciembre de 2019.- ANDECE, Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón*, que representa a los fabricantes de elementos prefabricados de hormigón, ha firmado y se adhiere, junta a otras muchas instituciones a la Declaración impulsada por el “Observatorio 2030” del Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España (CSCAE).

En un acto celebrado en el Colegio de Arquitectos de Madrid, ANDECE quiso estar presente y sumarse a un compromiso conjunto a la hora de iniciar un proceso de transformación para que el sector de la construcción, inmobiliario y de edificación minimice su impacto en el medio ambiente ya que, a día de hoy, los edificios y la construcción son causantes de casi el 40% de las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera con el consiguiente impacto sobre nuestros hábitats naturales.

Desde ANDECE se asume, y se traslada a todas sus empresas asociadas, las responsabilidades individuales y colectivas en materia climática y se apunta, al igual que cita la declaración firmada la necesidad de apostar por métodos y materiales mucho más respetuosos con nuestro entorno.

Así, como señala la propia Declaración de Emergencia Climática del “Observatorio 2030”, presentado por el CSCAE, es tiempo de concienciar a las empresas y a la ciudadanía sobre la necesidad de adecuar las viviendas y edificios hacia criterios de sostenibilidad; colaborar de manera estrecha con las administraciones; compartir conocimientos e investigaciones en materia medioambiental; mantener un nivel apto de rehabilitación y mantenimiento de edificios ya existentes; apostar por diseños no contaminantes; colaborar en la reducción de residuos y promover un uso responsable de los recursos naturales, como principios básicos de esta declaración.

ANDECE está integrada por las empresas más dinámicas de la industria del prefabricado de hormigón en España. Las empresas asociadas son las protagonistas del desarrollo de los Prefabricados de Hormigón en España y, por tanto, de la Construcción Industrializada, ya que vienen acometiendo importantes procesos de modernización de sus instalaciones e incorporando constantemente maquinaria de fabricación de última generación, mucho más respetuosa con el medio ambiente.

## **Sobre ANDECE**

ANDECE está integrada por las empresas más dinámicas de la industria del prefabricado de hormigón en España, con una producción que supera el 70% del volumen de negocio del sector industrial. Las empresas asociadas son las protagonistas del desarrollo de los Prefabricados de Hormigón en España y, por tanto, de la Construcción Industrializada, ya que vienen acometiendo importantes procesos de modernización de sus instalaciones e incorporando constantemente maquinaria de fabricación de última generación.

---

Más información: Desirée Tornero – 645 697 286 – [desiree@aguaysalcomunicacion.com](mailto:desiree@aguaysalcomunicacion.com)

<https://www.andece.org/ndp/>

[twitter\\_andece](#) [linkedin\\_andece](#) [youtube\\_andece](#) [slideshare\\_andece](#)



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

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





## Índice

<b>¿QUÉ APRENDERÁ?</b>	<b>15</b>
<b>Introducción</b>	<b>16</b>
La construcción fuera de obra (off site construction)	16
La construcción de estructuras prefabricadas	17
La construcción modular	17
TÉCNICAS INDUSTRIALES MODERNAS	17
Ahorrar tiempo	18
Mejor calidad.	18
Costes más bajos.	18
Ambiente de trabajo mejorado.	18
Impacto ambiental reducido.	19
BARRERAS A LA EDIFICACIÓN INDUSTRIALIZADA	19
Un problema de imagen.	19
Inflexibilidad y diseño uniforme.	19
Regulación y códigos locales de construcción.	19
Aversión al riesgo.	20
ROMPER LAS BARRERAS	20
Escasez de profesionales de la construcción.	20
El BIM. La revolución tecnológica de la construcción.	21
Inversión social en vivienda	21
LOS MERCADOS Y LAS PERSPECTIVAS	21
IMPLICACIONES ESTRATÉGICAS	22
Contratistas Generales	23
Los fabricantes de materiales de construcción	23
Los arquitectos e ingenieros	24
Los promotores inmobiliarios y los inversores inmobiliarios	24
<b>PARTE PRIMERA</b>	<b>25</b>
<b>Historia de la industrialización de la construcción / edificación.</b>	<b>25</b>
<b>Capítulo 1. Historia de la industrialización de la edificación (desde Le Corbusier a Torroja)</b>	<b>25</b>
1. Le Corbusier: maquinas de vivir: viviendas industrializadas como Ford.	25
2. Coste de construir coches: baja, viviendas: sube.	30
3. Eduardo Torroja: la necesidad de viviendas económicas.	31
4. Inicios de la prefabricación de viviendas (Estados Unidos, Francia y Alemania).	34
<b>TALLER DE TRABAJO.</b>	<b>40</b>
La reconversión industrial del sector de la construcción / edificación.	40
1. Mano de obra cualificada y menos accidentes laborales.	40
2. Desaparecen los "imprevistos" de la obra.	41
3. Ahorro en transporte y almacenaje en obra.	41
4. Mejora medioambiental. Gestión de residuos.	41
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>42</b>
Evolución histórica de la industrialización en la edificación. Defectos en los prefabricados del siglo XX (defectos estructurales como los de cerramientos de fachada y cubierta).	42
<b>TALLER DE TRABAJO.</b>	<b>61</b>



La diferencia entre industrialización y prefabricación. _____	61
1. La industrialización es un proceso organización en la producción de edificios. ____	61
2. La prefabricación es la producción de elementos constructivos, una forma de manifestarse la industrialización. _____	62
3. Índice de industrialización _____	62
<b>TALLER DE TRABAJO. _____</b>	<b>64</b>
Sistemas modulares como solución edificatoria alternativa a la construcción tradicional in situ. _____	64
La alternativa a la construcción convencional es la externalización de los elementos constructivos en centros de producción, la prefabricación. _____	64
<b>TALLER DE TRABAJO. _____</b>	<b>72</b>
Ventajas y desventajas de la prefabricación edificatoria. _____	72
1. Ventajas _____	72
a. Calidad de los materiales _____	72
b. Reducción en los plazos de ejecución _____	72
c. Reducción de equipos de obra _____	72
d. Mano de obra especializada. _____	73
e. Reducción de costes. _____	73
2. Desventajas _____	73
a. Diseño (vivienda prefabricada). _____	73
b. Gastos de transporte e inversión inicial. _____	73
<b>TALLER DE TRABAJO. _____</b>	<b>75</b>
Críticas a la industrialización en el proceso constructivo. _____	75
1. Detractores de la industrialización en el proceso constructivo. _____	75
2. Es más caro edificar con productos industrializados que artesanalmente. _____	76
3. Industrialización componente (compatibilidad de módulos de distintas marcas). _	79
<b>PARTE SEGUNDA. _____</b>	<b>81</b>
Industrialización de la construcción. _____	81
<b>Capítulo 2. Industrialización de la construcción y prefabricados para la edificación. _____</b>	<b>81</b>
1. Industrialización de las construcciones y prefabricación en la edificación. ____	81
2. Sistemas constructivos industrializados. _____	82
a. Industrialización cerrada _____	82
b. Sistema abierto de edificación ('open system building'). _____	83
3. Construcción modular. _____	86
a. Viviendas prefabricadas modulares. _____	87
b. Sistemas constructivos sostenibles. _____	87
4. I+D Investigación y desarrollo _____	88
a. Nuevos materiales (espumas rígidas, morteros de capa gruesa, etc.). _____	88
b. Robótica en la industrialización de la edificación. Robotización. _____	90
c. Institutos, centros y asociaciones de investigación. _____	93
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>95</b>
Programa Europeo de Investigación, para la modernización del Sector de la Edificación. MANUBUILD. _____	95
1. Incorporar procesos sistematizados de diseño a sistemas industrializados de	



construcción de viviendas de industrialización abierta. _____	95
2. Herramientas informáticas _____	96
3. Construcción en seco. No agua en el tajo. _____	97
4. Obras rápidas y baratas sin almacenaje. _____	97
5. Estandarizar la producción de elementos edificatorios. _____	98
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>101</b>
I + D Edificación y construcción. Edificación industrializada con apoyo institucional.	101
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>105</b>
La construcción modular. Desafíos y oportunidades para la industria de la construcción. _____	105
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>111</b>
Robótica e industria de la edificación. _____	111
1. Edificación cristalera y cerámica. _____	111
2. Viviendas prefabricadas. _____	111
3. Robótica en obra civil. Maquinaria pesada para infraestructuras. _____	112
4. Robótica en la edificación. Sistema automatizado de edificación. Robots de ensamblaje edificatorio. _____	112
5. Robótica edificatoria, automatización y domótica. _____	113
<b>CHECK-LIST _____</b>	<b>114</b>
¿Qué es la construcción industrializada? _____	114
¿Cuáles son los sistemas de producción de elementos prefabricados? _____	114
<b>CHECK-LIST _____</b>	<b>116</b>
Las 20 Ventajas de la edificación modular industrializada. _____	116
<b>PARTE TERCERA _____</b>	<b>118</b>
Países líderes en prefabricación. _____	118
<b>Capítulo 3. La industrialización edificatoria en los Países Escandinavos. _____</b>	<b>118</b>
1. La vivienda prefabricada en los Países Escandinavos. _____	118
2. Las viviendas prefabricadas de Ikea y Skanska. _____	119
3. En Suecia la industrialización de la edificación ha causado PARO. _____	120
4. Las constructoras suecas tienen fábricas de "prefabricados de edificación". _____	121
<b>Capítulo 4. El pre ensamblaje de viviendas el Reino Unido. _____</b>	<b>123</b>
1. Re-thinking construction. _____	123
2. I+D+i y pre-ensamblaje en la construcción. _____	124
<b>Capítulo 5. La prefabricación en los Países Bajos. _____</b>	<b>125</b>
1. Los módulos edificatorios holandeses. _____	125
2. Programa IFD: "Proyectos demostrativos de construcción Industrializada, Flexible y Desmontable". _____	125
3. La vivienda 'Variomatic': el cliente elige. _____	126
<b>Capítulo 6. Estados Unidos y la prefabricación de viviendas. _____</b>	<b>127</b>



1. La vivienda prefabricada transportable. _____	127
2. Concurso 'Solar Decathlon' _____	128
<b>TALLER DE TRABAJO</b> _____	<b>132</b>
Solar Decathlon y patentes españolas. _____	132
1. Solar Decathlon Europe y España. _____	132
2. Patentes. _____	134
a. Sistema de techo solar auto-orientable. _____	134
b. Paneles solares móviles de la fachada. _____	134
c. Sistema de cimentación auto-elevable. _____	134
<b>Capítulo 7. La prefabricación de viviendas en Japón.</b> _____	<b>136</b>
1. Toyota: fabricante de viviendas. _____	136
2. La calidad de la prefabricada es superior a la tradicional. _____	136
3. Domótica y viviendas prefabricadas. _____	138
4. Método Just in Time o Método Toyota. _____	138
<b>PARTE CUARTA.</b> _____	<b>140</b>
El futuro: globalización y China. _____	140
<b>Capítulo 8. Globalización e industrialización de la edificación (módulos de China).</b> _____	<b>140</b>
1. Menos oficios, más especialización. Ingeniería unida a la arquitectura. _____	140
2. Industrialización 'pre-empaquetado' en fábrica y 'post-empaquetado' en obra. _____	141
3. Fabricación "on-site" y "off-site". _____	142
4. Exigencias medioambientales en la construcción industrial. _____	143
5. Estética y masificación en la industrialización de la edificación. _____	143
6. La ausencia de la Administración española en la industrialización de la construcción. _____	144
7. La falta de formación profesional y técnica: cualificación. _____	144
<b>PARTE QUINTA</b> _____	<b>146</b>
<b>La industrialización de la construcción en España.</b> _____	<b>146</b>
<b>Capítulo 9. I+D en España: edificación artesanal en el siglo XXI.</b> _____	<b>146</b>
1. Planes de I+D para el sector más representativo del PIB español y que genera mayor empleo. _____	146
2. La edificación residencial es artesanal por los bajos costes de la mano de obra. _____	146
3. Accidentes laborales y cualificación profesional. _____	147
4. Fomento de la investigación en las obras _____	147
5. Infraestructura tecnológica: laboratorios y centros de investigación vinculados al sector. _____	149
6. Avances en elementos '3D' conformados por estructuras de acero. _____	149
<b>TALLER DE TRABAJO</b> _____	<b>152</b>
Aplicación de la construcción modular a la edificación industrializada. _____	152
1. La construcción modular _____	152



2. Aplicación en viviendas unifamiliares _____	153
3. Edificios en altura _____	153
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>155</b>
La industrialización total de la construcción con sistemas modulares de hormigón como opción idónea para lograr Edificios de energía casi nula (EECN). _____	155
1. Ventajas de la construcción modular en hormigón _____	155
2. Sistemas modulares de hormigón se presentan como una opción idónea para avanzar en el cumplimiento de los EECN _____	156
3. El elemento básico es el módulo o celda tridimensional (3D) _____	157
4. Aplicación en edificación residencial _____	158
a. Viviendas unifamiliares _____	158
b. Edificios en altura _____	158
c. Construcción modular en hormigón y su eficiencia energética _____	158
5. Proyección de futuro _____	159
6. Ejemplos. Casos prácticos reales. _____	159
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>163</b>
UNE-EN 13369. Reglas comunes para productos prefabricados de hormigón. _____	163
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>171</b>
Presencia española en prefabricados y construcción modular de hormigón. _____	171
APLIHORSA Modular _____	171
Bioclimática Modular Concept _____	171
Dragados S.A. - Caracola _____	171
Prefabricados Pujol _____	171
Roura Anglada _____	171
Worldmetor _____	171
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>179</b>
El futuro de las empresas españolas de prefabricados de hormigón. _____	179
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>185</b>
Control documental de suministro de elementos prefabricados de hormigón. _____	185
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>189</b>
Ventajas del BIM en los prefabricados de hormigón. _____	189
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>196</b>
Esquemas: BIM, industrialización y prefabricados de hormigón. _____	196
1. Modelado de información de la construcción. _____	196
2. Del BIM al futuro con los sistemas inteligentes de construcción. _____	196
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>203</b>
Soluciones prefabricadas para puentes y viaductos _____	203
Vigas pretensadas prefabricadas. _____	203
Diseño transversal de tableros con tirantes y puntales. _____	203
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>207</b>
Tuberías prefabricadas de hormigón armado. _____	207
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>218</b>



<b>La construcción modular en 3D o edificación integral industrializada</b>	<b>218</b>
<b>1. ¿Qué es la construcción modular en 3D?</b>	<b>218</b>
a. Construcción a partir de módulos completos (integral)	218
b. Construcción componentes prefabricados que conformarán el módulo (componentes).	218
<b>2. Construcción en 3D o edificación integral industrializada mediante prefabricados.</b>	<b>219</b>
<b>3. Sistemas de ensamblaje de módulos.</b>	<b>219</b>
<b>4. Tipología de los módulos según la tipología edificatoria.</b>	<b>220</b>
a. Módulos internos de edificación (ej.: baños).	220
b. Módulos edificatorios completos (ej.: viviendas unifamiliares)	220
c. Módulos parciales para ensamblar edificios en altura.	220
d. Módulos de edificaciones dotacionales anexas.	220
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>222</b>
<b>Esquemas. La impresión 3D en construcción.</b>	<b>222</b>
<b>Tecnologías de impresión 3D a escala real en la industria de la construcción (edificación) en obra nueva, rehabilitación y restauración de patrimonio.</b>	<b>222</b>
<b>Rehabilitación de fachadas y paramentos interiores.</b>	<b>222</b>
<b>Integración de tecnologías y tipos de extrusor en rehabilitación edificatoria.</b>	<b>222</b>
<b>Rehabilitación por impresión directa o mediante reproducción de piezas.</b>	<b>222</b>
<b>Impresión prefabricados (ej.: balastradas).</b>	<b>222</b>
<b>Cortado y vaciado del dibujo.</b>	<b>222</b>
<b>Robots.</b>	<b>222</b>
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>240</b>
<b>Esquemas. ¿Qué es la fabricación aditiva? Fabricación de piezas a partir de un modelo 3D sin necesidad de moldes ni utillajes, mediante capas de material y su consolidación.</b>	<b>240</b>
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>254</b>
<b>Estructuras Industrializadas en Edificios de Vivienda Colectiva</b>	<b>254</b>
<b>TALLER DE TRABAJO.</b>	<b>264</b>
<b>Pisos prefabricados de 70m2 por 65.000 euros en 5 meses y calidad CTE.</b>	<b>264</b>
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>266</b>
<b>Ejemplo de iniciativa de fabricante español de muro multiuso prefabricado de doble pared.</b>	<b>266</b>
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>268</b>
<b>Vivienda prefabricada. Edificación modular.</b>	<b>268</b>
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>270</b>
<b>Los prefabricados en la vivienda social de Madrid.</b>	<b>270</b>
Análisis del proceso de industrialización en las promociones de la Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid (EMVSM). Proyecto Singular y Estratégico para la Industrialización de la Vivienda Sostenible (INVISIO). Industrialización en las Promociones de la Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid. Se analiza la industrialización en las promociones de la vivienda social, promovidas por la EMVSM y se desarrolla a partir y del estudio directo de los edificios más significativos, de entrevistas con los agentes implicados en el proyecto, así como encuestas sociológicas a los habitantes de los edificios.	270
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>286</b>



Viviendas industrializadas. _____	286
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>288</b>
Industrialización y eficiencia energética de las fachadas de hormigón. _____	288
<b>PARTE SEXTA _____</b>	<b>291</b>
Agentes de la edificación en la prefabricación de edificios. _____	291
<b>Capítulo 10. Agentes de la edificación en la prefabricación de edificios. ____</b>	<b>291</b>
1. Fabricante de módulos prefabricados para la edificación. _____	291
a. Calidades de prefabricados. Control de calidad. _____	292
b. Planificación de entrega de módulos prefabricados en obra. _____	294
c. Transporte y montaje en obra de módulos prefabricados _____	294
2. Arquitecto. Opciones de edificación prefabricada en el proyecto. _____	295
3. Dirección Facultativa. Dirección de obra con prefabricados. _____	295
4. Constructor _____	296
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>299</b>
El proyecto técnico de industrialización en el proceso de edificación industrializada. _____	299
1. Memoria descriptiva de la ejecución, documentación técnica del proyecto de industrialización, análisis de costes y planos generales de arquitectura e instalaciones. _____	299
2. Diseño de moldes. Planos detallados del encofrado. Perfilería. _____	300
3. Memoria de uniones y nudos entre prefabricados. _____	300
4. Planificación del proceso. Planing de obra _____	301
5. Materiales. Almacenamiento. DITE y control de calidad de materiales. _____	301
<b>PARTE SÉPTIMA _____</b>	<b>302</b>
Reglamento europeo de Productos de Construcción 305/2011 (RPC) _____	302
<b>Capítulo 11. Los productos prefabricados de hormigón en el Reglamento europeo de Productos de Construcción 305/2011 (RPC) para los fabricantes de productos prefabricados de hormigón que desde el 1 de julio de 2013 sustituye a la actual Directiva 89/106/CEE _____</b>	<b>302</b>
1. Reglamento europeo de Productos de Construcción 305/2011 (RPC) para los fabricantes de productos prefabricados de hormigón _____	302
2. Valoración del Ministerio de Industria, Energía y Turismo _____	303
Diferencias para los fabricantes de productos de construcción _____	304
Diferencias para los organismos notificados (ON) _____	306
Diferencias para los actuales organismos autorizados para la concesión del dite y su organización (EOTA) _____	307
Diferencias para las autoridades de los estados miembros _____	307
Diferencias para los organismos de normalización nacionales y el CEN _____	308
Consejos para los técnicos a pie de obra: la idoneidad al uso de los productos con marcado CE308	
<b>TALLER DE TRABAJO. _____</b>	<b>347</b>
Esquemas prácticos del Reglamento europeo de Productos de Construcción 305/2011 (RPC) para los fabricantes de productos prefabricados de hormigón que desde el 1 de julio de 2013 sustituye a la actual Directiva 89/106/CEE _____	347
<b>TALLER DE TRABAJO. _____</b>	<b>373</b>
Productos de la construcción para los que el marcado 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	373
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>412</b>
La Declaración de Prestaciones de los productos de construcción en la web del fabricante.	412
<b>TALLER DE TRABAJO.</b>	<b>414</b>
Marcado 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	414
<b>TALLER DE TRABAJO.</b>	<b>489</b>
La piedra natural y aglomerada en el Reglamento europeo de Productos de Construcción 305/2011 (RPC) que desde el 1 de julio de 2013 sustituye a la actual Directiva 89/106/CEE	489
<b>PARTE OCTAVA.</b>	<b>502</b>
Tecnología y materiales en la edificación industrializada.	502
<b>Capítulo 12. Procedimientos constructivos con prefabricados. Construcción modular.</b>	<b>502</b>
1. Construcción modular en hormigón.	502
2. Construcción modular mixta.	503
3. Módulos con estructura metálica atornillada.	505
Con acero. Steelframing. Estructura metálica ligera de acero galvanizado	505
4. Con prefabricados de hormigón. Los paneles de hormigón.	508
a. Sistema de hormigonado horizontal (Tilt Up)	509
b. Sistema de encofrado vertical. Sistema BARCONS	511
c. Sistemas con encofrados simultáneos de paredes y techos.	514
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>518</b>
Edificación industrializada modular aislada y en multiplanta.	518
1. Edificaciones modulares y módulos adosables.	518
2. Módulos monoblock.	519
3. Módulos sanitarios y grifería.	520
4. Escalera prefabricada. Losa escalera	520
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>522</b>
Edificación industrializada integral mediante módulos tridimensionales	522
1. Edificación industrializada integral mediante módulos tridimensionales.	522
2. Antecedentes históricos	523
3. Clasificación de módulos tridimensionales.	523
4. Sistema constructivo modular desde cota 0.	524
5. Unión de módulos con hormigón autocompactable.	525
6. Línea industrial de elaboración de un módulo edificatorio.	526
7. Transporte y ensamblaje de módulos edificatorios.	527
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>529</b>
Sistemas de industrialización de edificaciones modulares.	529



1. Sistema Set home. _____	529
2. El sistema Transloko _____	531
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>533</b>
Ejemplo real de factoría de prefabricados de hormigón estructural de edificación residencial e industrial y de la obra civil. _____	533
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>573</b>
Vivienda prefabricada en una estructura de aluminio o de acero. _____	573
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>575</b>
Vivienda prefabricada americana en 3 módulos. _____	575
<b>Capítulo 13. Clasificación de elementos prefabricados. _____</b>	<b>577</b>
1. Clasificación de elementos prefabricados. _____	577
2. Sistemas estructurales y estructuras prefabricadas. _____	578
a. Bovedilla Prefabricada. _____	579
b. Viguetas _____	579
Vigueta armada. _____	580
Vigueta Pretensada. _____	580
c. Pilotes prefabricados. _____	580
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>582</b>
Estructura y pilares. _____	582
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>589</b>
Ventajas de los elementos estructurales prefabricados. _____	589
1. Ventajas de los elementos estructurales prefabricados _____	589
Calidad de los elementos _____	589
Tiempos de ejecución _____	589
Reducción de equipos en obra _____	590
Mejor aprovechamiento de las secciones resistentes _____	590
Mano de obra especializada _____	590
Económico-constructivo _____	590
2. Desventajas de los elementos estructurales prefabricados _____	590
Estructurales _____	591
Movilidad y transporte _____	591
Económico-financiero _____	591
Montaje _____	591
De fabricación _____	591
3. Hormigón. Uniones de piezas premoldeadas y bloques de hormigón. _____	592
Montajes por Simple Apoyo _____	593
Montajes por Uniones Rígidas _____	593
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>595</b>
La certificación para productos prefabricados de hormigón. _____	595
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>599</b>
Viviendas prefabricadas de hormigón. Experiencia internacional. _____	599
“Casa Kyoto” primera vivienda unifamiliar industrial de hormigón. _____	609
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>618</b>
Sistema de Edificación de Viviendas con Elementos Prefabricados de Hormigón Armado. Cimentación y montaje de paneles. Construcción y Montaje de la	



Vivienda prefabricada. _____	618
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>626</b>
Elementos prefabricados de hormigón. _____	626
1. Productos de hormigón prefabricado (usos, tamaños y acabados). _____	626
2. Ventajas e inconvenientes del hormigón prefabricado. _____	627
a. Ventajas _____	627
b. Inconvenientes _____	628
3. Modularidad, industrialización y tecnología. _____	629
Ejemplos representativos (dos nacionales y uno internacional) de las tendencias actuales en el ámbito de la construcción industrializada con elementos de hormigón. _____	629
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>632</b>
Recomendaciones para la instalación de redes de abastecimiento de agua potable. _____	632
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>665</b>
Conductos prefabricados de hormigón. _____	665
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). _____	666
2. Resistencia a los ataques químicos y biológicos. _____	666
a. Resistencia a las sales solubles _____	666
b. Resistencia al ataque por sulfatos. _____	666
c. Resistencia a la carbonatación. _____	667
d. Resistencia a los ácidos. _____	668
e. Lixiviación por aguas puras. _____	669
f. Resistencia a la reacción árido-álcali. _____	669
g. Resistencia a la corrosión de la armadura. _____	670
<b>TALLER DE TRABAJO. _____</b>	<b>678</b>
Estructuras industrializadas de hormigón armado. _____	678
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>683</b>
La prefabricación en hormigón. Las tecnologías multimateriales (co-inyección, bi-inyección, deposición metálica, etc.) _____	683
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>689</b>
Piezas de hormigón prefabricadas antisísmicas para sistema modular de viviendas. _____	689
Caso real en Perú. _____	689
La construcción modular presenta una clara ventaja en aspectos de seguridad antisísmica _____	689
Seguridad sísmica hasta 9 en la escala sismológica de Richter. _____	689
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>698</b>
Sistema de edificación modular prefabricada en fachadas. _____	698
1. Sistemas de paneles de fachada de hormigón prefabricado. Atornillamiento de forjados. _____	698
2. Sistema de estructura de módulos metálicos. _____	699
a. Módulos metálicos de medidas abiertas. Atornillamiento y soldadura. _____	699
b. Módulos metálicos de medidas cerradas. Hormigón y soldadura. _____	699
c. Módulos metálicos plegables. Paneles prefabricados sándwich. _____	700
d. Módulos portantes. Fachada de hormigón prefabricado. Atornillado. _____	700
e. Forjado de hormigón prefabricado _____	701
<b>TALLER DE TRABAJO. _____</b>	<b>703</b>



Fachadas industrializadas, paneles de hormigón armado y muros cortina. _____	703
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>705</b>
Panel prefabricado para fachadas. Hormigón arquitectónico. Lámina de hormigón armado con acero. _____	705
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>709</b>
Pavimentos prefabricados de hormigón _____	709
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>714</b>
Prefabricados de albañilería de hormigón que cumplen con los requisitos establecidos en la norma europea UNE EN 771-3:2011, la norma española UNE 127771-3 y el CTE _____	714
4. Acero. _____	720
<b>TALLER DE TRABAJO. _____</b>	<b>723</b>
Estructuras industrializadas de acero. _____	723
5. Aluminio. _____	725
6. Madera _____	726
7. Vidrio. _____	730
a. Panel de vidrio de alta resistencia para suelos _____	730
b. Panel de vidrio para fachada ventilada. _____	730
8. Fibra de vidrio. _____	731
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>732</b>
Paneles translúcidos de poliéster con fibra de vidrio y nanogel. _____	732
9. Yeso. Bloques de yeso prefabricado y paneles de fibra-yeso. _____	733
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>733</b>
Yeso. Bloques de yeso prefabricado y paneles de fibra-yeso. _____	733
1. Placa de yeso y de yeso térmicas. _____	734
2. Placa cerámica revestida con yeso. _____	734
<b>TALLER DE TRABAJO. _____</b>	<b>735</b>
Tabiquería industrializada. Tabiques de placas de yeso, fibra yeso y escayola. _____	735
<b>TALLER DE TRABAJO. _____</b>	<b>737</b>
Mamparas modulares divisorias. _____	737
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>739</b>
Modo de instalación de placas de yeso laminado especial para rehabilitación. Marca Pladur. _____	739
10. Plástico. _____	745
11. Espuma de poliuretano. _____	747
a. Espumas en caliente. _____	747
b. Espumas en frío. _____	747
<b>TALLER DE TRABAJO. _____</b>	<b>749</b>
Paneles aislantes para muros y fachadas: paneles prefabricados de láminas de acero galvanizado con núcleo de espuma rígida de poliuretano. _____	749
12. PVC. Las ventanas de PVC _____	753



<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>755</b>
Láminas flexibles de policloruro de vinilo (PVC) y su uso en techos.	755
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>757</b>
Las Ventanas de PVC como solución para cumplir las exigencias y especificaciones acústicas del DB-HR del CTE Código Técnico de Edificación tras la Orden VIV/984/2009	757
13. Cerámica.	762
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>763</b>
Ventajas y modo de instalación del "Bloque de Arcilla Aligerado". Marca Termoarcilla.	763
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>768</b>
"Bloque de Arcilla Aligerado". Marca Termoarcilla.	768
14. Sanitarios y grifería prefabricada.	769
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>769</b>
Domótica hídrica o la desaparición de sanitarios y grifería termostática.	769
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>771</b>
Aseos prefabricados	771
<b>Capítulo 14. Medioambiente y reciclaje en la edificación industrializada.</b>	<b>779</b>
1. Gestión de residuos y demoliciones y ventajas del uso de prefabricados.	779
2. Materiales reciclables y reutilización en la edificación industrializada.	781
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>784</b>
Viviendas prefabricadas con certificado LEED.	784
<b>TALLER DE TRABAJO.</b>	<b>787</b>
Refrigeración magnética. Cambios de temperatura en materiales por magnetismo.	787
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>789</b>
Construcción industrializada y prefabricados en la rehabilitación y mantenimiento de edificios.	789
1. Nuevos materiales y técnicas constructivas más sostenibles, la rehabilitación y mantenimiento.	789
2. Estructura portante.	790
3. Cerramientos	790
4. Cubierta.	791
5. La prefabricación y nuevos materiales en la rehabilitación edificatoria.	792
<b>PARTE NOVENA</b>	<b>796</b>
Los clústers de industrialización de la construcción.	796
<b>Capítulo 15. Los clústers de industrialización de la construcción.</b>	<b>796</b>
1. ¿Qué es un clúster? ¿Por qué un clúster en los parques tecnológicos? Clúster en España.	796
2. Asturias. Foro de innovación/industrialización de la construcción. Clúster de la construcción.	798



3. País Vasco. Foro de innovación/industrialización de la construcción. Clúster de la construcción. \_\_\_\_\_ 801

**TALLER DE TRABAJO** \_\_\_\_\_ **803**

Clúster de la construcción en el País Vasco. \_\_\_\_\_ 803



## ¿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.**