

**BREVE GUÍA PARA
PROMOTORES Y
ARQUITECTOS**

**EN LA INDUSTRIALIZACIÓN DE
EDIFICACIÓN EN ALTURA CON
SISTEMAS CONSTRUCTIVOS
PREFABRICADOS DE HORMIGÓN**



MAYO 2020

INTRODUCCIÓN	4
La alternativa de la construcción industrializada en detalle	5
Beneficios de la construcción industrializada	7
Calidad	7
Plazos	7
Coste y valor	8
Productividad	9
Seguridad	10
Conciliación	10
Sostenibilidad	11
Otras Ventajas Adicionales	11
Retos a Superar	12
Desconocimiento	12
Modelos de financiación	12
LA ALTERNATIVA A LA EDIFICACIÓN TRADICIONAL EN LA PRÁCTICA	13
Condiciones que favorecen la elección	13
Etapas de Diseño	15
Participación de un Industrial	15
Etapas de Postdiseño	16
Fabricación y preparación de la obra	16
Transporte, llegada a obra y montaje	16
EVOLUCIÓN DE FUTURO	17

146 VIVIENDAS

Alcobendas. Madrid
8000m² de GRC tanto en
Stud-Frame como Sándwich

CASO DE ÉXITO

El montaje de los paneles se inició a finales del 2017 y se acabó de montar en el verano del 2018. En ese tiempo se montaron 8000 m² que completaba el cien por cien de GRC la obra

PREHORQUISA



INTRODUCCIÓN

Un número cada vez mayor de proyectos de construcción están utilizando la construcción industrializada, proceso por el cual los componentes de un edificio son prefabricados fuera de la obra en un entorno controlado, para su posterior transporte y montaje en la misma. Estos procedimientos consiguen incrementar la eficiencia de integración de procesos desde la fase de Proyecto hasta la finalización del montaje en obra. Con la debida coordinación de los mismos, se consigue evitar desviaciones en los tiempos de desarrollo, ahorro de materiales y reducción de residuos con el consiguiente ahorro de dinero.

Existen no obstante ciertas barreras que limitan el crecimiento de los sistemas industrializados respecto a los tradicionales de construcción tradicional in situ. La primera de ellas es la novedad del propio proceso; muchas decisiones deben tomarse con mayor antelación y es necesaria una mayor coordinación entre todos los actores implicados habida cuenta de la ex-

ternalización de los trabajos siendo tremendamente importante el ajuste a la programación.

Aunque la construcción industrializada ha crecido en los últimos tiempos su origen se remonta a varias decenas de años. La versatilidad que conlleva la mejora de la tecnología permite que se pueda aplicar a una mayor variedad de construcciones incluyendo oficinas, sector comercial, centros logísticos, sanitarios, etc. y por supuesto vivienda residencial en altura.

La escasez y deficiente cualificación y especialización de mano de obra para el trabajo in situ y la mayor exactitud y predictibilidad de plazos y por tanto de costes son las razones principales para el incremento de la construcción industrializada. Además, la mayor garantía de control de calidad, la menor afectación al medioambiente y al entorno de la obra y la reducción de siniestralidad laboral son importantes factores a tener en cuenta.

La alternativa de la construcción industrializada en detalle

La construcción industrializada implica la prefabricación de elementos de construcción que se conectan una vez in situ. Ejemplos comunes de elementos prefabricados son:

- ✓ Elementos estructurales como pórticos, vigas pilares y muros portantes.
- ✓ Paneles de fachada del edificio, tabiquería interior y revestimiento
- ✓ Forjados y placas alveolares

Cabe señalar que el tiempo total y el costo de mano de obra para la construcción industrializada es significativamente menor que la construcción tradicional in situ, compensando los costes de transporte y de montaje en la misma.

En algunos casos, el fabricante asume responsabilidades de ingeniería estructural e integración arquitectónica con aportación de su solución en una maqueta BIM. Los arquitectos deben tener en cuenta que el soporte técnico que aportan los fabricantes desde el anteproyecto hasta el proyecto de ejecución. Por tanto, la construcción industrializada implica una integración significativa del diseño, la fabricación y las fases de ejecución de un proyecto constructivo.

Debido a que la fabricación de elementos debe considerarse como parte del diseño de proyectos, es importante que los proyectistas tengan al menos una idea general de cómo funciona el proceso de fabricación industrializada.

HOTEL PAX GUADALAJARA

Ampliación de hotel existente, manteniendo la estética de fachada y permitiendo la comunicación entre bloques

Año 2018

PRETERSA- PRENAVISA



Por ejemplo, los diseñadores deben entender el papel central de las tecnologías digitales en la fabricación de elementos, incluidas las herramientas como el BIM, el diseño asistido por ordenador (CAD), herramientas de fabricación asistida por ordenador (CAM) y control numérico por ordenador de la maquinaria (CNC). Los diseñadores también deben entender cómo estas herramientas pueden admitir

la personalización masiva, el método mediante el cual los fabricantes producen diseños personalizados a escala industrial utilizando una variedad de elementos estandarizados.

Diferentes fabricantes pueden tener distintos procesos, y es importante para el proyecto entender la metodología específica del fabricante elegido.

Detalle de
acabado
de fachada
prefabricada en
edificio de oficinas
para ENDESA
en Viladecans
(Barcelona)

Año 2018

PRETERSA-
PRENAVISA



Beneficios de la construcción industrializada

Una razón principal por la que más proyectos están utilizando la construcción industrializada es que hay un reconocimiento cada vez mayor de los beneficios que ofrece esta alternativa. Como se mencionó anteriormente, debido a que la mayor parte del proceso de construcción se realiza en un entorno controlado, se consiguen mejores calidades, se generan menos residuos y se reducen los riesgos laborales.

Calidad

Para mejorar procesos industriales y optimizar la producción, los fabricantes de elementos de hormigón prefabricado utilizan hormigones de altas prestaciones superiores a los usados en el sistema tradicional.

La verificación del proceso de fabricación, el uso de herramientas precisas como CAD/CAM, y la capacidad de automatizar procesos permiten mejorar el control de calidad. A título de ejemplo, la mayor precisión en la fabricación de componentes de fachada exteriores redundan en una edificación con menos fugas de aire con su consiguiente impacto en confortabilidad y ahorro energético.

Dependiendo de la complejidad del proyecto y la forma de construcción, la producción masiva estandarizada puede utilizarse para lograr economías de escala adicionales. Además, esto no implica una pérdida de flexibilidad de diseño. Los proyectistas deben trabajar con los fabricantes para lograr ese doble objetivo.

La producción y el almacenamiento de los elementos de edificios en una instalación cerrada sin exposición a las inclemencias meteorológicas, evita daños relacionados con la humedad que podría implicar disminuir la durabilidad de los elementos y aumentar el potencial de crecimiento de moho, perjudicial para salud de los futuros habitantes.

Al realizar la fabricación en un entorno controlado, se obtienen mayores garantías de calidad y se reducen las imperfecciones.

Plazos

Prefabricar la mayor parte de un edificio en una instalación fuera de la obra significa que el proceso de construcción es mucho menos vulnerable a los retrasos debidos a las malas condiciones climáticas. Esto facilita un plazo más predecible.

La construcción exsitu también permite realizar de forma simultánea trabajos que normalmente tendrían que ser secuenciados. En comparación con el proceso lineal que generalmente caracteriza a la construcción tradicional, con operaciones que funcionan secuencialmente, la construcción fuera de las obras permite que los oficios funcionen simultáneamente.

Además, si se coordina un proyecto para que el trabajo en obra y la ingeniería se lleven a cabo al mismo tiempo que la prefabricación de los elementos, el calendario se puede acortar de un 30% a un 50%. Obviamente este es un beneficio muy significativo con respecto a la construcción convencional in situ que requiere la finalización de la cimentación antes de que puedan comenzar los trabajos en el edificio. Cuanto más trabajo se pueda completar fuera de obra, mayor es el ahorro. Idealmente, los com-

ponentes del edificio deben ser fabricados, transportados y entregados al sitio “justo a tiempo”, de acuerdo con el momento en que se ha completado la infraestructura necesaria para su instalación, evitando cualquier costo adicional de almacenamiento en la planta u obra.

Coste y valor

La construcción industrializada puede ser más rentable que la construcción in situ. Las desviaciones se reducen sustancialmente por lo que el coste final es mucho más predecible desde el inicio del proyecto respecto a los métodos tradicionales.

El coste de cualquier proyecto variará según una serie de factores. Los arquitectos y proyectistas deben consultar con el fabricante para determinar los factores específicos que afectarán el coste, plazos

CASO DE ESTUDIO:

NAVAS DE TOLOSA BARCELONA

154 Viviendas, 18.790 m² y
7 plantas

Solución de paneles de fachada con
Hormigón arquitectónico blanco

HORMIPRESA

Arquitecto Nogué Onzain López



y calidad del proyecto del proyecto. Involucrar una empresa especialista desde las fases iniciales del diseño es la clave para asegurar la rentabilidad de la solución industrializada, con unos plazos predecibles en la ejecución que harán que el coste global del edificio se vea optimizado.

Al analizar el coste de la construcción industrializada en comparación con la construcción convencional para un proyecto específico, es importante que se tengan en cuenta todos los costos fijos y variables, atendiendo a todas las fases del Proyecto desde su concepción, construcción, vida útil, demolición y reciclado final. La durabilidad muy superior de los elementos prefabricados y la poca necesidad de mantenimiento benefician al inmueble que mantiene más años su valor patrimonial.

Productividad

La productividad laboral también aumenta cuando se utiliza la solución industrializada. Un equipo que trabaja en una planta está menos afectado por el clima adverso. Además, una plantilla equipada con herramientas y maquinaria precisas, en un espacio diseñado para proporcionar condiciones ideales para la fabricación, es capaz de alcanzar niveles más altos de calidad de una manera más eficiente. La construcción fuera de obra también significa un equipo más especializado, y un flujo de trabajo controlado, con la consiguiente mejora de productividad.



NIITYHUIPPU. FINLANDIA

EDIFICIO MÁS ALTO DE
FINLANDIA

24 PLANTAS

Construcción: 2017 - 2018

CASO DE ÉXITO:

Edificio de 90 metros, edificio residencial más alto de Finlandia. Estructura y envoltente prefabricada de hormigón.

CONSOLIS

Seguridad

Los trabajadores que trabajan en una planta industrial no están expuestos a los peligros de las condiciones climáticas extremas y otros como los relacionados con el ruido y la calidad del aire que afectan en la obra. Esto, unido a la ausencia de trabajos en altura en las factorías, implica una importante reducción de la siniestralidad laboral.

En la construcción tradicional la mayor parte de los accidentes graves o fatales se producen en la fase de estructura, reduciéndose el índice de siniestralidad a mínimos con un sistema prefabricado.

Conciliación

Además de una mayor seguridad, la deslocalización implica mejorar la cultura general de los trabajos de construcción, por ejemplo, proporcionando una mayor estabilidad en el empleo y estableciendo turnos para los trabajadores, con lo cual se favorece tanto la conciliación familiar como la inserción laboral de la mujer. Esto es especialmente significativo cuando las fábricas se instalan en zonas escasamente pobladas, caso habitual en nuestro entorno.

Edificio polivalente
en Sitges
(Barcelona)
donde destaca
la singularidad
de su fachada
constituida por
laminas de hormigón
prefabricado

Año 2019

PRETERSA-
PRENAVISA



Sostenibilidad

La construcción industrializada también puede contribuir significativamente a la sostenibilidad ambiental de un proyecto. Por ejemplo, la prefabricación permite un control óptimo del uso de materiales, lo que se traduce tanto en la reducción de entradas de materias primas como en la de residuos en comparación con la construcción tradicional. Además, se puede aprovechar una cantidad significativa de material excedente y reciclarlo de nuevo para su uso en otros proyectos. En términos generales, cuanto mayor sea la parte de un proyecto que se fabrica fuera de obra, mayores son los beneficios obtenidos al optimizar las materias primas y la reducción de residuos de materiales.

En la fase de construcción y debido a que los elementos de construcción para varios proyectos se pueden fabricar simultáneamente en una sola planta, se puede optimizar el transporte y por tanto las emisiones de gases de efecto invernadero.

Al tener mayor control de calidad y efectividad en los procesos, el rendimiento térmico y la estanqueidad de la envolvente realizada con elementos prefabricados mejora notablemente, con el consiguiente ahorro de energía respecto a las soluciones tradicionales. Este factor ha de tenerse muy en cuenta ya que afecta a toda la vida útil del edificio cuando se comparen costes.

La construcción industrializada genera menos ruido alrededor de la obra que la solución tradicional lo que implica una menor perturbación del entorno en el proceso constructivo (afectación al medioambiente y a los vecinos). Esto se suma a la reducción de plazos, con lo cual el efecto se amplifica.

Otras Ventajas Adicionales.

Con el diseño prefabricado también existe la oportunidad de incluir una especie de flexibilidad “plug and play” que podría permitir que los edificios se adapten o modifiquen fácilmente para diferentes usos a lo largo del tiempo.

Los sistemas pretensados permiten aguantar cargas y luces superiores a las de las estructuras tradicionales. Las distancias entre pilares o muros estructurales son mayores; aportan más flexibilidad a los arquitectos y propietarios para cambiar la distribución interior e incluso los usos.

Los elementos podrían diseñarse para el desmontaje y la reutilización de manera que un edificio podría ser deconstruido en partes que se reconstruyera en otro lugar o se redistribuyan para su incorporación en otros proyectos. Pero incluso si los elementos no se reutilizan, los edificios serían más fáciles de dismantelar y eliminar de una manera más controlada, más limpia y de menor impacto ambiental en comparación con los edificios construidos y demolidos por métodos tradicionales.

Retos a Superar

A pesar de la gama de beneficios que ofrece la construcción industrializada y de los diversos factores que apoyan su crecimiento, ciertas barreras están ralentizando su desarrollo.

Desconocimiento

El desconocimiento de la industrialización por parte de promotores y arquitectos puede propiciar que sean reticentes a su desarrollo. Esto naturalmente cambiará con el tiempo cuando la experiencia ponga en valor las innegables ventajas de la construcción industrializada para determinados proyectos.

Aquellos que no están familiarizados con la construcción industrializada pueden creer erróneamente que es una estrategia de todo o nada, pero la mayoría de los proyectos pueden utilizar cualquier número de elementos prefabricados, empleando una combinación de construcción tradicional para crear una alternativa híbrida que proporciona muchos de los beneficios de la construcción industrializada.

Los arquitectos buscan un sistema que no limite los diseños, que les permita un mayor control en obra,

garantías de calidad, seguridad y flexibilidad. Esto se evidencia en la amplia variedad de proyectos que se han construido recientemente utilizando elementos prefabricados.

Por ejemplo, las herramientas de diseño paramétrico, cuando se integran con el modelado BIM y la precisión de las tecnologías de fabricación asistidas por ordenador, facilitarían a los arquitectos ampliar enormemente el control de las prestaciones de los componentes del edificio, proporcionando una valiosa interacción para su desarrollo y ejecución.

Modelos de financiación.

La construcción industrializada también puede implicar una evolución diferente de las necesidades de tesorería, porque el tiempo de construcción se reduce sustancialmente. Los promotores que optan por esta solución deben revisar su calendario de financiación. Aunque los desembolsos en la fase de construcción se han de realizar en un periodo más corto, también es cierto que al adelantarse la fecha de entrada productiva del proyecto antes se comienza la generación del beneficio.

Esto puede ser un factor determinante en la elección de esta alternativa como por ejemplo en promociones residenciales dedicadas al alquiler.

LA ALTERNATIVA A LA EDIFICACIÓN TRADICIONAL EN LA PRÁCTICA

Condiciones que favorecen la elección

Al determinar si la construcción industrializada es adecuada para un determinado proyecto, las partes interesadas deben entender el proceso lo suficientemente bien como para poder evaluar los objetivos relacionados con el coste, el tiempo, la mano de obra y programación.

Ciertos aspectos de un proyecto pueden hacer que la construcción industrializada sea la solución ideal.

Por ejemplo:

- ✓ Proyectos donde la reducción de plazos o el tiempo de comercialización sea un elemento esencial para el promotor.
- ✓ Proyectos con elementos repetitivos con unidades idénticas.
- ✓ Proyectos ubicados en sitios de difícil accesibilidad, como en áreas urbanas densas, o en lugares con temporadas de construcción limitadas.
- ✓ Proyectos ubicados en zonas con condiciones climatológicas muy severas.
- ✓ Proyectos donde materiales y mano de obra sean caros.
- ✓ Proyectos ubicados en áreas donde la mano de obra no está fácilmente disponible.

Además de estas consideraciones, es importante tener en cuenta que se puede requerir que el equipo de proyectistas asuma responsabilidades más allá de las tradicionalmente encomendadas al arquitecto. Por ejemplo, en un edificio industrializado el diseño debe tener en cuenta el proceso de fabricación, los condicionantes de transporte y la secuencia de entregas. En la mayoría de los proyectos, el arquitecto confiará en el fabricante para proporcionar información y en algunos casos realizar trabajo de diseño estructural, que por lo general requiere más matices que en proyectos de construcción tradicionales. Esto implica que los objetivos y responsabilidades se definan de manera clara y adecuada. Hay que contar con el hecho de que la solución industrializada puede requerir cambios en algunos conceptos tradicionales de tipo contractual, tanto entre los diferentes agentes (proyectistas, promotores, constructores y fabricantes) como con terceros tales como entidades bancarias y aseguradoras.

El éxito de la construcción industrializada requiere un compromiso de planificación temprana. Por esta razón es crucial comprometerse con la solución desde el inicio del proyecto.

Decidir utilizar esta alternativa después de la fase de desarrollo del diseño puede no producir las ven-

tajas inherentes a la misma. La industrialización implica algo más que tomar un edificio de diseño tradicional y cortarlo en componentes. Idealmente, la filosofía de diseño debe adoptarse desde el principio, asegurando que diversas consideraciones, incluidas las relacionadas con la geometría y las estrategias de materiales, la logística y la coordinación de decisiones, están totalmente integradas en el proceso. En general, diseñar con la construcción industrializada en mente desde el principio es la mejor opción para maximizar los beneficios y eficiencias que ofrece esta alternativa.

Es imprescindible consultar con un fabricante tan pronto como se lance el anteproyecto. En algunas situaciones, el industrial puede compartir parte de la responsabilidad de trabajo de diseño para garantizar la optimización del proyecto.

Una gran diferencia a la hora de proyectar es que se requiere que se tomen más decisiones en una etapa temprana del proceso. Por ejemplo, la práctica en la construcción tradicional de que se continúe el desarrollo del proyecto cuando ya se ha iniciado la edificación propiamente dicha, ha de ser evitada en la industrializada para la consecución de todas las ventajas inherentes al procedimiento.

LUSTEN. SUECIA

24 PLANTAS

CASO DE ÉXITO:

Edificio de 78 metros, edificio residencial en Estocolmo. Forjados y envolvente prefabricada de hormigón.

CONSOLIS



Etapas de Diseño

Participación de un Industrial

En la mayoría de los casos, debido a que el proyecto de la estructura es uno de los hitos más críticos de la construcción, el fabricante asumirá el paquete de ingeniería estructural o, al menos, proporcionará servicios de asistencia de diseño estructural. Como los fabricantes están más familiarizados con las complejidades de la construcción industrializada, son más capaces de comprobar que los riesgos asociados se consideran correctamente durante la fase de diseño.

Esta temprana participación de los industriales desde el inicio comporta otra serie de ventajas entre las que cabe destacar:

- ✓ Controlar y reducir los costes de construcción.
- ✓ Garantizar la constructibilidad del diseño y en su caso aportar soluciones alternativas adecuadas.
- ✓ Reducción de materiales sobrantes y residuos.
- ✓ Minimizar los riesgos durante todo el proceso.

Al seleccionar un fabricante, el estudio de arquitectura debe investigar la industria, por ejemplo, solicitando referencias y revisando estudios de casos de proyectos similares, y emitir cuestionarios para crear una lista de empresas potenciales. Los siguientes factores también deben estar como criterios en la elección del fabricante:

- ✓ Maximizar la flexibilidad en las opciones de diseño.
- ✓ Asegurar que las especificaciones de diseño no requieran materiales o productos que afecten al plazo debido a plazos de entrega no previstos.
- ✓ Promover mejoras de ingeniería tendentes a reducir plazos y/o costes.
- ✓ Controlar y reducir los costes de transporte e instalación en obra.
- ✓ Nivel de experiencia con el tipo de proyecto específico y nivel de complejidad del diseño
- ✓ Capacidad de producción y transporte en relación con la escala y el cronograma del proyecto
- ✓ Instalaciones y medios materiales y humanos de las instalaciones de prefabricación

Etapa de Postdiseño

Fabricación y preparación de la obra.

Una vez finalizado el diseño, los materiales deben solicitarse al fabricante de acuerdo con el cronograma de producción.

Los equipos de proyecto deben coordinarse con el fabricante para asegurarse de que los productos y materiales con plazos de entrega más largos se solicitan con antelación para evitar posibles retrasos.

Como se ha comentado, la principal ventaja de la construcción industrializada es que permite que se construya al mismo tiempo que se están completando los trabajos previos en la obra. Una vez fabricados los elementos, el director del proyecto debe mantener una comunicación regular con el fabricante y el jefe de obra del constructor para asegurarse de que los procesos paralelos están estrechamente coordinados de acuerdo con el calendario.

Transporte, llegada a obra y montaje

Lo ideal, con el fin de maximizar los beneficios de la construcción Industrializada, es tratar de ajustar el cronograma de entrega a un modelo Just-In-Time (JIT), para reducir la necesidad de almacenar elementos ya fabricados en la obra o en los talleres del prefabricador. Sin embargo, en muchos casos, debido a cuestiones logísticas un cronograma de entrega JIT puede no ser realizable. En tales situaciones debe establecerse claramente definida un área de acopio para acomodar un número determinado de elementos para permitir la descarga continuada.

Los plazos de entrega deben coordinarse y ajustarse cuidadosamente de acuerdo con el avance del proceso de montaje. Dependiendo del tamaño del proyecto, el proceso de fabricación puede necesitar ser acelerado o retardado para mantener el ritmo de montaje de los elementos en obra. Esto puede ser muy importante en proyectos grandes en altura, especialmente aquellos en áreas urbanas densas con espacio limitado para el almacenamiento in situ. Es fundamental que la producción, el transporte y el montaje de los elementos estén equilibrados para que no haya ni pérdida de tiempo en la fábrica ni acopios de seguridad in situ a la espera de ser instalados.

EVOLUCIÓN DE FUTURO

En los próximos años habrá un cambio significativo hacia soluciones industrializadas respecto al modelo tradicional de trabajo in situ. El factor de la escasez y especialización de mano de obra, agravándose a medida que un gran número de trabajadores de la construcción no se reemplace, favorecerá al igual que en otras industrias importantes, una evolución de los trabajos en exterior hacia la automatización de procesos en un entorno controlado.

Las claras ventajas de calidad, productividad, seguridad, conciliación laboral, predictibilidad de plazos, sostenibilidad y durabilidad hacen prever un claro crecimiento tal y como en sectores de obra civil y de edificación no residencial se produjo ya hace años. De hecho, algunos grandes promotores han constituido recientemente divisiones de edificación industrializada.

Mientras tanto, surgen regularmente nuevas herramientas y estrategias, fomentando una evolución en la forma en que diseñamos y construimos edificios. Tecnologías como robótica, domótica y realidad virtual está permitiendo a los equipos de proyectos perseguir objetivos cada vez más ambiciosos y complejos. A medida que los modelos de diseño/construcción se vuelvan más comunes, se producirá un impulso que pensamos definitivo a la construcción industrializada en altura tal y como se ha producido ya en los países de nuestro entorno.

En general, los continuos avances en áreas como las ciencias de los materiales y los métodos de fabricación impulsarán la evolución de construcción con un notable crecimiento de la solución industrializada con el triple objetivo de mejoras ambientales, sociales y económicas.



CASO DE ESTUDIO:

EDIFICIO GM ZONA FRANCA BARCELONA

5 plantas 2000m²

Estructura y cerramientos de hormigón armado texturizado. Solución de muros "peines" para cerramiento de parcela.

HORMIPRESA

Arquitecto CMS Arquitectos
Joan Muixi

BREVE GUÍA
PARA
**PROMOTORES Y
ARQUITECTOS**
EN LA INDUSTRIALIZACIÓN DE
EDIFICACIÓN EN ALTURA CON
SISTEMAS CONSTRUCTIVOS
PREFABRICADOS
DE HORMIGÓN



C/ Diego de León 47 - Edificio Melior,
28006 Madrid

+34 913 23 82 75

vivialt@vivialt.com