Informes de la Construcción
Vol. 60, 512, 47-60,
octubre-diciembre 2008
ISSN: 0020-0883
eISSN: 1988-3234
doi: 10.3989/ic.08.040

La arquitectura residencial como una realidad industrial. Tres ejemplos recientes

Housing architecture as an industrial reality. Three recent examples

F. Pich-Aguilera*, T. Batlle*, P. Casaldàliga**

RESUMEN

En este artículo se aborda la temática de industrialización de componentes y sistemas constructivos, destinados a la edificación residencial. Partiendo del análisis de los sistemas constructivos tradicionales, se valoran las posibilidades técnicas y económicas de la industria contemporánea para mejorar los procesos de fabricación y de puesta en obra. Se aboga por una industrialización y una especialización del sector de la construcción. Finalmente se enumeran un conjunto de conceptos (consumo de agua y energía, condicione laborales de los obreros…), la consecución de los cuales reforzará a la industrialización como una profunda mejora de la construcción de los edificios destinados a uso residencial en España. La reflexión expuesta se ejemplifica con 3 obras proyectadas y edificadas a partir de su industrialización y que son representativas de las tipologías residenciales más comunes en nuestro país. La variabilidad de estos casos de estudio, y los satisfactorios resultados muestran el amplio abanico de edificios que se pueden resolver mediante estos sistemas constructivos y estructurales. Los ejemplos expuestos responden a las tipologías de:

– Edificio de Vivienda plurifamiliar de baja altura: desarrollo de un sistema estructural industrializado mediante módulos tridimensionales como soporte de forjados de placas alveolares.
– Edificio de vivienda plurifamiliar en altura: desarrollo de un sistema estructural industrializado para edificios en altura con un sistema de rigidización mediante tensores metálicos.
– Edificio de vivienda unifamiliar aislada: desarrollo de una tipología de vivienda bioclimática que incorpora en su arquitectura, sus sistemas industriales y sus materiales parámetros de sostenibilidad ambiental.

195-6

Palabras clave: industrialización, prefabricación de hormigón, vivienda, sostenibilidad ambiental, ensamblaje.

SUMMARY

The industrialization of components and constructive systems for the construction of housing buildings is the main purpose of this paper. Based on analyses of traditional constructive systems, the article evaluates the economic and technical possibilities of the contemporary industry. This new technology should improve the processes of production and construction and become the specialization of the building sector. Finally in order to achieve the improvement of housing construction in Spain, industrialization has to solve the new challenges of contemporary society as water and energy consumption, working safety… This architectural approach is illustrated by 3 projects designed and built according to contemporary industrial methodologies. This selection represents the most common housing typologies in our country, and demonstrates that industrial approach can be a response in a wide range of housing applications. These study cases are characterized by:

– *Low height building as multifamily dwelling. Development of an industrialized structural system composed by three-dimensional modules as support of precast floors.*
– *High height building as multifamily dwelling. development of an industrialized structural system for an eight stories building.*
– *Single-family house. Development of an innovative typology of industrialized bioclimatic dwelling.*

Keywords: *industrialization, precast concrete, housing, environmental sustainability, assembly.*

*Arquitectos; **Colaborador
Persona de contacto/*Corresponding author*: pcasaldaliga@picharchitects.com (P. Casaldàliga)

Fecha de recepción: 30-09-08
Fecha de aceptación: 24-10-08

Estamos acostumbrados a hablar de la industria de la construcción y siempre que leemos estos términos la asimilamos implícitamente a otros ámbitos altamente industrializados que constituyen nuestra base económica productiva.

Un análisis más en detalle del marco en que el que se trabaja en un sector tan clave principalmente por su volumen y su incidencia en la estructura socioeconómica del país, nos hace dudar del hecho de que estemos realmente frente a una actividad industrial en términos objetivos.
Ciertamente deberíamos hablar más de una industria de los materiales de la construcción, sin incluir en ello su puesta en obra. La elaboración química de la materia primera y el perfeccionamiento sistemático de los procesos técnicos y logísticos de fabricación, han permitido la obtención de materiales de altísima calidad que se ofrecen como productos cada vez mejores con los cuales construir. Pero el problema está en su puesta en obra, basada más en la aplicación de mano de obra intensiva y una organización gremial según los antiguos oficios tradicionales.

La obra sigue siendo el lugar de producción del edificio, la "fábrica" donde llegan todos los materiales, la mano de obra y la maquinaria auxiliar. Es, en definitiva, una construcción artesanal que no obstante ha de ejecutarse sin artesanos, dado que ya hace tiempo que han ido cambiando las condiciones que conservaban el esquema de valores de los antiguos oficios tradicionales, con la gran contradicción que en la actualidad sólo podemos utilizar un repertorio limitadísimo de lo que le era propio al sistema en las condiciones del pasado, y sólo construimos paramentos bidimensionales de obra vista con simples perforaciones adinteladas allá donde antes construíamos vueltas de escalera, arcos en sardinel, celosías, cúpulas,...

Hemos de reconocer que, al menos desde el punto de vista constructivo, nuestro sistema convencional no se basa en evitar los errores sino, principalmente en encajarlos sin demasiados problemas, sustituyendo el concepto de tolerancia entre piezas por la imprecisión de un proceso basado en el relleno.

Dentro de este contexto, la edificación residencial es poco permeable a los avances técnicos, constituyendo en sí mismo un cierto anacronismo dentro de un modelo actual en donde la innovación es una necesidad permanente de las empresas que garantiza su propia pervivencia. Reconocemos que este hecho está cambiando poco a poco y el nuevo Código Técnico de la Edificación ayudará a una evolución en este sentido, a pesar de que la resistencia frente al cambio es parte de las respuestas inherentes del sector, muy condicionado por sus inercias internas.

Por un lado, si analizamos las estadísticas, nos damos cuenta que la construcción tiene un grado de siniestralidad muy alto. Ciertamente cada vez existen mayores medidas que tienden a reducir los riesgos laborales en obra, pero los que conocemos y vivimos esta realidad día a día somos conscientes de que existe un problema estructural en el sistema que ha de transformarse si queremos mejorar realmente un aspecto con tanta repercusión social. De muy poco nos valdrán los procesos, las inspecciones y el utillaje por la seguridad si no incidimos en las contradicciones del propio sistema.

La poca estabilidad de los precios es otra de las características típicas de la construcción. Sin tener en consideración el precio de la vivienda como unidad final sino los precios directos de construcción, los cuales suben y bajan sincopadamente tensionando el índice económico general del país y aumentando la estacionalidad del sector, que es la causa por la cual no se llegan a generar grupos de trabajo estables y empresas suficientemente verticalizadas, que permitirían iniciar con éxito los necesarios procesos de innovación.

La emergente sensibilidad ecológica también pone de manifiesto los conflictos ambientales derivados de nuestra forma de construir, sabemos que alrededor de un 40% de la energía consumida está directamente vinculada a construir y habitar nuestros edificios y que un % significativo del consumo de materias primas están directamente ligadas a la edificación. Hemos de considerar además que la arquitectura tiene un componente referencial determinante y que la vivienda puede ser un ámbito propicio en la sensibilización de las personas hacia nuevas pautas de comportamiento que supongan un menor consumo de recursos no renovables.

Dentro de este estado de cosas podemos prever la profunda mejora que ha de suponer una industrialización del sector de la construcción, es decir, poder evolucionar desde la industria suministradora que, hoy en día, produce los materiales y componentes para la construcción y tender hacia un contexto industrial de sistemas integrados que se puedan responsabilizar tanto de la fabricación como de la puesta en obra. De hecho, es ésta la evolución que han seguido otros sectores de nuestra economía para así poder responder a las demandas sociales y de mercado, iniciando un proce-

so de aumento exponencial de la calidad reduciendo el coste final. Parece, pues, que un esfuerzo hacia la industrialización de la edificación ayudaría a armonizar con la idiosincracia de nuestra sociedad que ya participa de esta realidad industrial, conscientes de que las experiencias nunca son literalmente extrapolables.

INDUSTRIALIZACIÓN *VERSUS* PREFABRICACIÓN

Hemos de fijarnos en la capacidad productiva de la estructura industrial existente en España y encaminarla hacia la edificación residencial, como una ampliación de su oferta, que pueda utilizar su fuerza productiva y su lógica industrial, no para ofrecer un catálogo de piezas predeterminado, sino para producir componentes diferentes que se adecuen a la demanda de la edificación.

Este contexto pide de una colaboración y un entendimiento profundo entre el ámbito industrial y el técnico profesional. Es necesario que se establezca una relación plenamente bilateral entre industria y arquitecto, entendiendo que ninguno debe subordinarse al otro sino que ambos trabajan para la sociedad. Por otro, lado son evidentes las ventajas mutuas de esta interacción entre la industria y el arquitecto dado que, por un lado, forman equipos de innovación difíciles de generar desde dentro de las estructuras industriales y, por otro, los proyectos de arquitectura se nutren con nuevas posibilidades y prestaciones.

Surgirá, así, un nuevo abanico de procesos industriales en constante evolución que puedan competir entre ellos y conseguir ampliar sus prestaciones y su abastecimiento.

El recientemente aprobado "Código Técnico de la Edificación" ha de contribuir de alguna forma hacia esta evolución, ya que, al menos en sus intenciones, es un documento prestacional de manera que establece unos valores paramétricos determinantes para los diferentes componentes del edificio (y no tanto las maneras aceptadas de construir, como establecían las antiguas NTE). Este hecho permitirá que en el futuro vayan surgiendo sistemas homologados y procesos de homologación- que favorecerán un camino hacia la innovación dentro del sector.

Así pues, pensamos, que en nuestro país la edificación de los sistemas constructivos deberían evolucionar en la combinación de un conjunto de conceptos que están relacionados entre sí:

-Reducción de la materia prima implicada (que, según como, también quiere decir mínimo peso dentro de una franja tipológica determinada).

-Reducción de las emisiones de CO_2 tanto en la fabricación como en la logística de su transporte, puesta en obra y vida útil. En este punto hemos de saber parametrizar todo el ciclo, incluyendo también el impacto positivo de su reciclabilidad, así como su contribución operativa en el clima natural interior.

-Reducción del coste no sólo en términos económicos sino también sociales. Es decir, sistemas cada vez más fiables y más seguros con una contención en el precio como consecuencia de una mayor eficacia productiva.

-Versatilidad del propio sistema para hacer posible aplicar creativamente en situaciones no tipificadas y la compatibilidad o capacidad de diálogo con otros sistemas complementarios o bien subordinados.

Este estado de cosas debería de llevarnos hacia un mosaico de sistemas abiertos, en constante evolución que interactúen y compitan entre ellos, huyendo de situaciones de cautividad. Es un escenario en el que se hace imprescindible un esfuerzo de investigación aplicada, en que el arquitecto, en combinación con los departamentos técnicos de las industrias del sector, trabajan por la innovación.

A continuación se describen 3 proyectos edificados a partir de su industrialización y que pueden ser representativos de las tipologías residenciales más comunes en nuestro país, con diferentes características que muestran el amplio abanico que pueden abordar estos sistemas constructivos y estructurales.

Cada uno de los proyectos responde industrialmente a diferentes condicionantes tipológicos, y de implantanción.

-Edificio de Vivienda plurifamiliar de baja altura

Desarrollo de un sistema estructural industrializado mediante módulos tridimensionales como soporte de forjados de placas alveolares. El conjunto es sustancialmente isostático siendo el peso de los módulos tridimensionales determinante para su estabilidad.

-Edificio de vivienda plurifamiliar en altura

Desarrollo de un sistema estructural industrializado para edificios en altura. La esbeltez del conjunto conlleva una estructura a

base de elementos pretensados (pilares, jácenas y placas alveolares) que ensamblados, hacen unas uniones hiperestáticas mediante el tensado in situ de algunos vanos mediante barras de acero.

-Edificio de vivienda unifamiliar aislada

Desarrollo de una tipología de vivienda bioclimática industrializada para venta por catálogo (casa Kyoto) con integración de diversos sistemas bioclimáticos en las instalaciones.

1. 112 VIVIENDAS SOCIALES EN EL BARRIO "EL POLVORÍ". BARCELONA. 2005. PROMOCIÓN PÚBLICA. CONSEJERIA DE MEDIO AMBIENTE Y VIVIENDA. INCASOL. GENERALITAT DE CATALUNYA
Equipo arquitectura: Pich-Aguilera;
Calculista: Robert Brufau;
Industrial: "Prefabricados Pujol"

Se trata de un conjunto de ocho bloques de viviendas para la reinserción de familias ya predeterminadas que vivían en unos antiguos edificios existentes en la misma ubicación donde se construyen los nuevos edificios.

El parámetro de partida, ya en el concurso convocado por la Dirección General de Vivienda de la Generalitat de Catalunya, fue la de mejorar los procesos constructivos mediante la utilización de procesos más industrializados, racionales y eficientes. Toda la construcción y su proyecto surgen de parámetros de racionalización de los bloques de viviendas para poder sistematizar su estructura, sus cerramientos y sus interiores.

Ya desde la fase inicial del proyecto nos pusimos en contacto con la industria; era una realidad palpable el hecho de que la propuesta no se podía llevar a cabo si no existía desde un principio una estrecha colaboración entre arquitecto-industria.

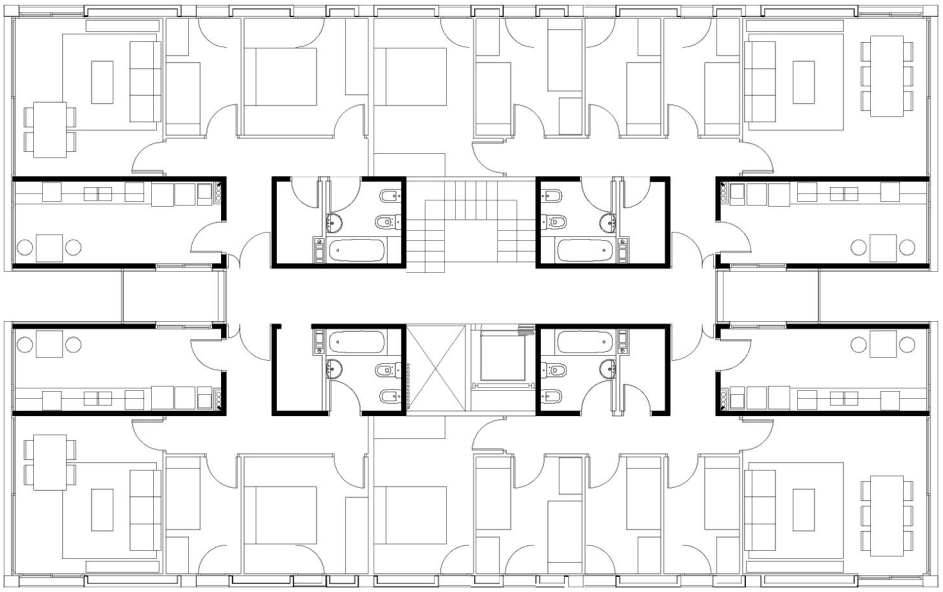
Una primera fase de investigación, en la que, por un lado, las exigencias de ordenación junto con las necesidades concretas de tipologías y, por otro, las posibilidades de los sistemas constructivos que queríamos aplicar, fue conformando los diferentes elementos que servirían para construir las viviendas, como si de un mecano se tratase.

El conjunto debía mostrar de forma aparente y con su propia fuerza plástica, los nuevos sistemas constructivos utilizados.

El elemento clave de todo el sistema es el "módulo tridimensional" que configura estructuralmente el núcleo rígido del edificio, dando hiperestaticidad al sistema, y funcionalmente albergan los espacios dedicados a cocinas y baños. El módulo es el resultado del estudio conjunto del equipo de diseño y la industria.

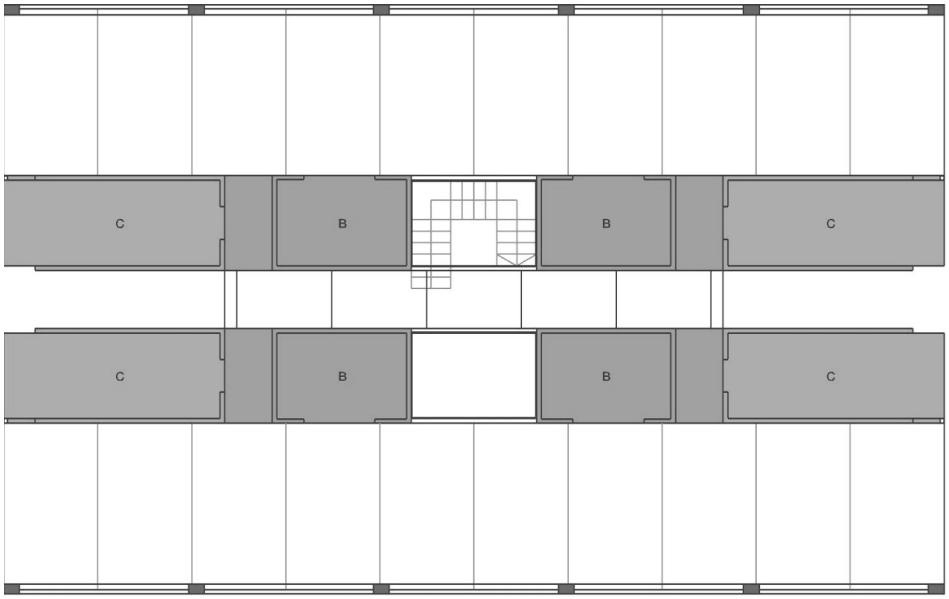
Esta espina dorsal estructural, que configura las piezas de baños y cocinas, permite una máxima flexibilidad a la distribución de todos los interiores (estar y dormitorios), tipologías de dos, tres y cuatro dormitorios son posibles en cada una de las plantas.

Completan el catálogo de piezas los pilares y jácenas que conforman los pórticos de fachada y las placas alveolares de forjados.



1. Planta tipológica básica (edificios 1 al 6).

1



2

La fachada, de paneles de hormigón arquitectónico con diferentes colores y texturas, singularizan cada uno de los bloques.

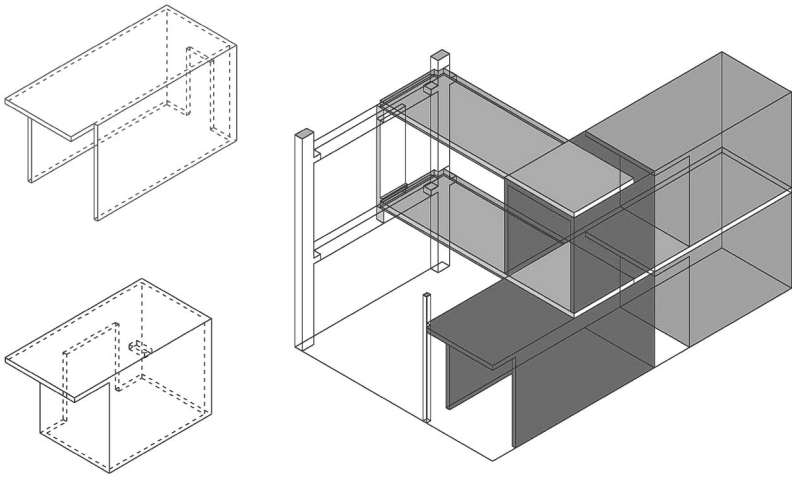
En todas las fases de desarrollo, como condición ya de inicio, se fue explicando el proyecto a sus usuarios, se les implicó en los sistemas utilizados y se les coordinó para que pudieran introducir en su propia vivienda alguna de sus necesidades y solicitaciones de acabados interiores.

Así pues el continente del edificio es totalmente industrializado y el contenido personalizado.

INDUSTRIALIZACIÓN. SISTEMA ESTRUCTURAL Y CERRAMIENTOS

Tanto la estructura como los cerramientos de fachada se plantearon desde procesos totalmente industriales, los industriales competentes del sistema estructural y de los cerramientos, producen los elementos, los transportan y montan con sus propios recursos.

En el caso de "El Polvorí", un solo industrial se responsabilizó del sistema estructural y



3

2. Esquema estructural en planta.

3. Axonométrica estructural.

4. Fotografías obra acabada.

4

5

5. Estocaje de los módulos tridimensionales.

los paneles de hormigón de fachada y un segundo industrial completó el contenido del edificio con la carpintería.

La fabricación

La clave en la fabricación de elementos industrializados está en el proyecto, todas las piezas deben haber sido diseñadas en proyecto, con sus sistemas de apoyo, de armado y pasos de instalaciones. Tanto el arquitecto como el industrial desarrollan los elementos conjuntamente, el industrial tiene sus solicitaciones de fabricación eficiente, el arquitecto conoce todas las prestaciones de vivienda. El industrial transmite sus cadenas de montaje y los elementos existentes y el arquitecto, con unos ciertos parámetros de partida, ajusta el proyecto e incluso dialoga para ajustar los sistemas de fabricación, a todas las solicitaciones.

En el caso de la obra "El Polvorí", compuesto por una estructura con módulos tridimensionales, placas alveolares, jácenas, pilares y una fachada de paneles de hormigón se utilizaron los elementos de placas, jácenas, pilares y paneles existentes y fabricadas ya por la industria, se estudiaron las dimensiones más adecuadas desde el punto de vista de fabricación y montaje; como ejemplo más evidente están las dimensiones de los pilares a toda la altura, planta baja más tres. La estaticidad de todo el sistema se soluciona mediante unos módulos tridimensionales fabricados con moldes existentes, módulos utilizados hasta el momento para otros usos. Es en este elemento donde ha existido la mayor complejidad estructural y, por tanto, la complicidad necesaria arquitecto-industrial, los moldes hubieron de ser estudiados, readaptados y tecnificados para solventar las necesidades y prestaciones del nuevo uso. En un sector en donde existe poca investigación, la readaptación y tecnificación de unos procesos y unos elementos existentes, supone un proceso real de investigación que, a veces, no es considerado como tal si es comparada con la investigación farmacéutica o de otros sectores.

En una obra industrializada, el industrial conoce ya desde el proyecto, qué elementos habrá de fabricar, por tanto los procesos de fabricación, materiales, energía y mano de obra que necesitará. Puede, así, optimizar y dar la mayor eficiencia a todos sus recursos.

Los elementos estructurales están fabricados y preparados para su transporte y colocación, cuando la cimentación finaliza, mejorando, pues, los plazos de la construcción.

Las buenas condiciones laborales y de formación continuada de la producción en fábrica con respecto a las condiciones adversas de precariedad de la obra in situ, garantiza, por un lado, la especialización del personal y un intento de mecanizar e informatizar el proceso y, por otro, la utilización de materiales de más elevada calidad.

Concretamente, en la industria con la que colaboramos en "El Polvorí", existe una innovadora planta industrial, de manipulación de las armaduras para sus elementos estructurales, con horarios flexibles adaptados a personal femenino y suficientemente mecanizado e informatizado para que todo su personal, con una formación especializada muy concreta, pueda controlar y manipular el producto; proporcionando, de esta forma, trabajo local a personal que no tenía demasiadas o nulas posibilidades laborales debido a su ubicación en el mundo rural.

El transporte

La obra, una vez las piezas están fabricadas, está coordinada, para evitar el mínimo tiempo de estocaje. El comparativo del transporte de piezas prefabricadas con respecto al material, energía consumida y emisiones de CO_2 de una estructura in situ, es difícil. A día de hoy, únicamente podemos estudiar el transporte (kilometraje y consumo) de las piezas prefabricadas desde la de emisiones de CO_2 a la atmósfera y de respeto por el medioambiente, nos obligará a todo el sector a exigir el origen de los materiales y componentes, los procesos de fabricación y el transporte necesario; son datos, a día de hoy, sobre los cuales no hemos podido hacer comparativos.

La obra industrializada pesada, exige unos radios de acción, por el encarecimiento "exponencial" y emisiones de CO_2 del transporte, que ha de ser un aspecto a considerar dentro la tan hablada sostenibilidad,

la importancia de la utilización de industria a un máximo aproximado de 150 km de distancia de la obra, apoya y promociona la industria local.

En el caso de la obra de "El Polvorín", se fabricó el material con una industria local y las características del solar permitieron un buen acopio e inmediata manipulación de las grúas necesarias para la colocación del material. Las piezas llegaban a obra a la hora prevista de montaje y sólo era necesario un pequeño acopio de piezas pequeñas que podían colocarse fácilmente.

El montaje

Un solo equipo de montaje con su autonomía empieza y termina todo el sistema de obra totalmente en seco, no existen apuntalamientos y el control de tiempos y recursos se conoce y se planifica desde el inicio. Un solo equipo, compuesto, en la partida de estructura y panel de fachada, por un oficial, dos peones y una grúa móvil, autónoma, de gran tonelaje, prácticamente todas las tareas vienen hechas en fábrica, desaparecen en la obra los encofradores, herreros, paletas… que, en el caso de una obra como "EL Polvorín", supondría dos o tres cuadrillas por especialidad.

No se producen pérdidas de material durante el proceso de descarga, almacenamiento y ajustes en la colocación en obra de las piezas.

Al ser un sistema de montaje en seco y planificado desde fábrica no existen residuos, es siempre una obra limpia, desaparece la problemática de recoger y transportar la cantidad de residuos que se producen en una obra tradicional. En el caso de una obra industrializada, todos los residuos son reutilizados en fábrica, donde existe una gestión de recursos. Los impactos durante la realización de la obra están limitados.

El sistema industrializado supone un ahorro en el consumo eléctrico durante el proceso de puesta en obra, en conceptos de montaje de encofrados, montaje de armaduras, vibrado del hormigón. Con el montaje de una obra industrializada, no sólo reducimos y controlamos los recursos utilizados, sino también el riesgo de accidentes, uno de los problemas más graves actuales de nuestro sector.

Las actuales exigencias del Código Técnico de la Edificación, supervisiones de las empresas de calidad y exigencias de los usuarios obligan a parametrizar claramente en donde empiezan y acaban las responsabilidades de cada partida de obra para asu-

6

7

8

6. Montaje de los pilares.
7. Montaje del módulo.
8. Montaje de los paneles.

9

9. La obtención de áridos a partir del reciclaje de elementos de hormigón limpio permitiría la utilización de éste en muchas de las estructuras de los futuros edificios.

mir las garantías y calidades de resistencia, estanqueidad y aislamiento. El concentrar un porcentaje elevado de obra en su sólo industrial ayuda a la asunción de la calidad de la obra.

La complejidad mayor estructural existente en una obra industrializada está en dar al conjunto una garantía de estaticidad.

Reciclabilidad

La estructura podría desmontarse de igual forma que se construyó, y transportarla con un número aproximado de camiones igual al utilizado en su ejecución. El volumen de hormigón armado en la estructura tradicional es del orden del 82% de la estructura, si le añadimos el cerramiento de paneles de hormigón con trasdosado de placa da yeso y un aislante térmico también atornillado u aplicado en seco, el valor de reciclabilidad de un sistema industrializado es del 100%.

Por otro lado, el sistema prefabricado a parte de ser reciclable en un 100% prácticamente, también tiene la propiedad de ser reutilizable y adaptado en todos sus elementos para otras edificaciones.

Aspectos medioambientales

La actual preocupación y urgencia en disminuir el impacto ambiental de la edificación nos obliga a iniciar un estudio pormenorizado del consumo energía y recursos de los sistemas utilizados para, desde éstos, ir exigiendo una cada vez mayor optimización en este sentido. Un estudio por parte de la industria consiguió darnos un resumen cuantificado de los aspectos ambientales de una estructura industrializada:

-El incremento aproximado de cemento por m^3 es de 0-5% respecto a la dosificación de un hormigón HA-25. Es un incremento efectivo, para una mejor calidad.

-Los áridos utilizados en 1 m^3 de hormigón para elementos prefabricados contienen un 15% más de arena y un 12,5% menos de gravas. Es un hormigón de mayor calidad.

-Optimización y reducción de las cuantías de acero por m^3 de hormigón. En los pilares se reduce entre el 35-40%, en placas alveolares respecto a los forjados reticulares se reduce alrededor del 75%.

-El consumo de agua en hormigones prefabricados es alrededor de un 30% inferior respecto a hormigones in situ. -Las distancias óptimas para el transporte de los elementos prefabricados son de 50 km con un máximo por vialidad de 350 km. En el primer caso, teniendo en cuenta las cargas que soportan los vehículos utilizados, supone un rendimiento de 8 m3/viaje, superior en algunos casos al que se transporta en las cubas de 6 m^3 de hormigón fresco.

-El agua residual en sistemas prefabricados (54 l/m^3), se genera en su totalidad en la industria; optimizada, canalizada y depurada antes de entrar en la red de alcantarillado o bien reutilizarla. En el caso del hormigón in situ, es difícil cuantificar el consumo de agua en la puesta en obra, este agua no está canalizada y se vierte de manera descontrolada al suelo.

-Se generan 1kg/m^3 de residuos sólidos de hormigón en la industria que van a vertederos controlados. El hormigón fresco se utiliza para pavimentar zonas colindantes a la industria. En hormigones in situ hay pérdidas de material entre un 5-10% (alrededor de 180-200 kg/m^3) más los sobrantes de las hormigoneras; en obras in situ estos sobrantes se convierten, en el mejor de los casos, en residuos de vertedero.

-Por el hecho de optimizar las dimensiones de los elementos prefabricados de hormigón se reducen los residuos de hormigón, acero y material cerámico en un 15-20% respecto a un edificio convencional de hormigón armado.

2. PROYECTO DE 156 VIVIENDAS SOCIALES, ANEXOS, LOCALES Y URBANIZACIÓN VINCULADA. PARCELA RC-33, SECTOR 6 ZABALGANA, VITORIA. PROMOTOR VISESA

Equipo arquitectura: Pich-Aguilera; Calculista: Boma; Industrial: Nortenph.

Cuando empezamos el proyecto de Zabalgana, establecimos un equipo de trabajo amplio que incorporaba a la industria fabricante y al calculista de estructuras desde la fase inicial del anteproyecto. Recordamos aquellas sesiones de trabajo intensas y a ve-

ces sinuosas, tratando de conciliar puntos de vista aparentemente divergentes, pero que, en el fondo, impulsaban el proyecto y, a la vez, impedían descarrilar. La mayor complejidad estribaba en la esbeltez de la edificación resultante del propio planeamiento –10 plantas y una profundidad de apenas 13 m– pero, a la vez, ésa era una tipología urbana recurrente para la promotora, de modo que si nuestro sistema no resolvía el caso más frecuente, todo el esfuerzo perdía sentido.

De este modo durante los primeros meses nos concentramos en identificar un sistema estructural producido industrialmente, que, además de ser compatible con la tipología de vivienda pasante y sus núcleos de acceso, pudiese ser estabilizado de una forma simple mediante su ensamblaje en obra. Fue un proceso racional de prospección, desarrollo, cuantificación y valoración, en el cual todos aportaron conocimiento y esfuerzo, tratando de situar de lado sus propias inercias, poniendo sin reservas todas las cartas sobre la mesa. A partir de unas reuniones periódicas dónde se establecía el rumbo del proyecto en los términos más precisos que fuera posible, los equipos desarrollaban sus cometidos en paralelo con comunicación transversal, para poder valorar y reajustar el camino en la reunión siguiente. También VISESA participó puntualmente en el proceso mediante alguna sesión conjunta donde pudimos informar y también intercambiar criterios y puntos de vista. Así fuimos descartando, una tras otra, diversas propuestas pensadas mediante pórticos transversales, núcleos colaborantes, fachadas arriostrantes,… que, al final, acababan fallando de un modo u otro, casi siempre por el elevado coste de las tareas manuales en su puesta en obra.

Finalmente dimos con la solución más conveniente a partir de unos pórticos paralelos en ambas líneas de fachada, con forjados alveolares –a partir de elementos pretensados para disminuir su canto– todo ello rigidizado mediante acciones sistemáticas de postensado in situ en el sentido transversal. La dificultad de resolver toda la altura con secciones razonables nos sugirió la posibilidad de concebir la última planta con estructura metálica, como un remate autónomo de todo el conjunto.

Los cerramientos se resolvieron básicamente mediante paneles de hormigón colgados de la estructura principal y plancha metálica grecada para cubierta y algunos paramentos de la envolvente. Por otro lado, nos hemos esforzado en hacer aflorar la traza expresiva del propio sistema y su lógica industrial, tratando de construir, con todo ello, una arquitectura que, siendo genuina, surgiera de su proceso de producción y ensamblaje.

10

10. Imagen de una fábrica de prefabricación de hormigón.

El paso de un proceso de obra tradicional –en el que el solar es también el lugar de producción– a un proceso industrial –donde el edificio es el resultante del ensamblaje in situ de componentes producidos en fábrica– es determinante en el modo de concebir el edificio.

En este sentido, la organización y logística de obra, así como la documentación de proyecto es del todo determinante ya que se basa en la supresión del error entre las partes, o más bien el acuerdo sobre el máximo error posible de cada parte – tolerancia –. Esto conlleva un proceso de trabajo basado en la precisión y la calidad de la ejecución a medida que parametriza las deficiencias y las hace aflorar. Así pues, nuestro proyecto tuvo que pensar y definir muchos aspectos que normalmente confiamos a la rutina del quehacer de otros. No sólo se trata de evitar improvisaciones en obra sino sobre todo repensar procesos y detalles tradicionalmente sancionados por "la buena construcción". ¿Podemos evitar el premarco entre panel y carpintería?, ¿podemos suprimir el pavimento sobre un enlucido industrial?, ¿cuál es la forma idónea de un racimo de desagües para que venga montado de taller?,... De este modo fuimos reflejando en la documentación de proyecto, la revisión de ciertos, procesos y partidas de obra en aras a una ejecución industrial del conjunto, procurando, no obstante, evitar encerrarnos en las particularidades de una solución unívoca, que, a la postre, impediría la alternativa propia de una sana competencia en la licitación final. De este modo, el proyecto contiene las di-

rectrices inalterables de una lógica productiva y parametriza su nivel de calidad, aun manteniéndose permeable a las sugerencias de mejora y adaptación que la industria y sus circunstancias logísticas puedan indicar con posterioridad a la licitación. Así, durante la fase de obra, de acuerdo con la empresa constructora, la industria fabricante y la dirección facultativa, fijamos un procedimiento de explicación, revisión y validación para elaborar los planos de fabricación industrial de las distintas piezas y las condiciones para su aceptación y puesta en obra.

Ahora que vemos la obra finalizando, pensamos que el esfuerzo ha valido la pena y que esa construcción sistemática del conjunto a partir de restablecer su base lógica, es un modo pertinente de atender nuestras demandas contemporáneas, en términos cuantitativos, cualitativos, y también deberíamos saberlos implementar en términos medioambientales, exigiendo a todos los implicados en la cadena de producción y uso del edificio (análisis del ciclo del edificio) una reducción de emisiones de CO_2, un uso racional de recursos y energía y un trabajo hacia el reciclaje y la reutilización; de modo que podemos afirmar que la calidad y prestaciones de nuestro edificio son realmente objetivos. A partir de ahí sólo nos cabe esperar que su arquitectura sea capaz de establecer cierto diálogo con la gente que lo habite y de algún modo transporte hacia el futuro las trazas propias de la sociedad de su tiempo.

Estudio comparativo del proceso de obra de un edifico industrializado en referencia a un edificio con sistemas constructivos tradicionales

A partir del proyecto del edifico de 156 viviendas de protección oficial en Zabalgana y enmarcados en un estudio de investigación promovido por VISESA estamos desarrollando un estudio que permite determinar un análisis de la obra de edificación en los ámbitos de plazos, precios, beneficios medioambientales y condiciones de trabajo de los sistemas industrializados. El hecho de plantear la realización de un edificio totalmente industrializado era el marco ideal para un seguimiento y extracción de datos tanto de la obra como del proyecto.

El estudio se centra en la recogida de datos concretos durante el proceso de fabricación, transporte y montaje, para poder hacer un estudio comparativo.

El objetivo final del estudio es establecer los problemas y beneficios de un edifico de viviendas sociales industrializado y obtener datos empíricos para un posterior estudio comparativo con obras tradicionales, obteniendo, de este modo, datos, que sean útiles para la mejora del sistema en futuras edificaciones.

Metodología y planificación

El plazo estimado de la investigación es a lo largo de toda la obra y 3 meses más para realizar el informe final, estructurados de la siguiente manera:

-Primera Fase: Diseño
Se plantean los criterios y datos que se recogerán para el estudio de recopilación, y se deciden conjuntamente con VISESA. Se define la implicación de los demás agentes del proyecto, imprescindibles para obtener la información (constructora, empresa de elementos prefabricados, etc.).

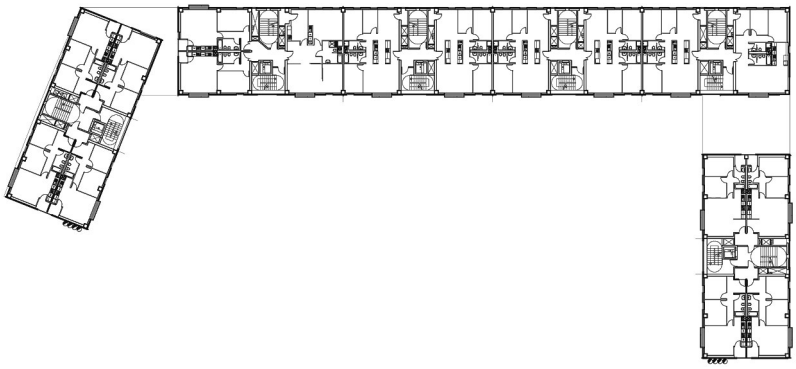
-Segunda Fase: Toma de datos
Una persona a pie de obra recoge los datos (transporte de materiales, empresas, suministros, planning, consumo materiales en obra, etc.) sobre el proceso constructivo industrializado de las viviendas de Zabalgana y los datos de otra obra vecina con sistemas tradicionales de construcción. Estos datos se cotejan semanalmente por nosotros para su clasificación y posterior análisis.

-Tercera Fase: Validación y análisis
Al finalizar la obra Pich-Aguilera Arquitectos aportará la información recogida debidamente clasificada de modo que VISESA pueda encargar un estudio comparativo a un organismo independiente para que valore los aspectos recogidos y determine la sostenibilidad ambiental, económica y social de cada uno de los procesos.

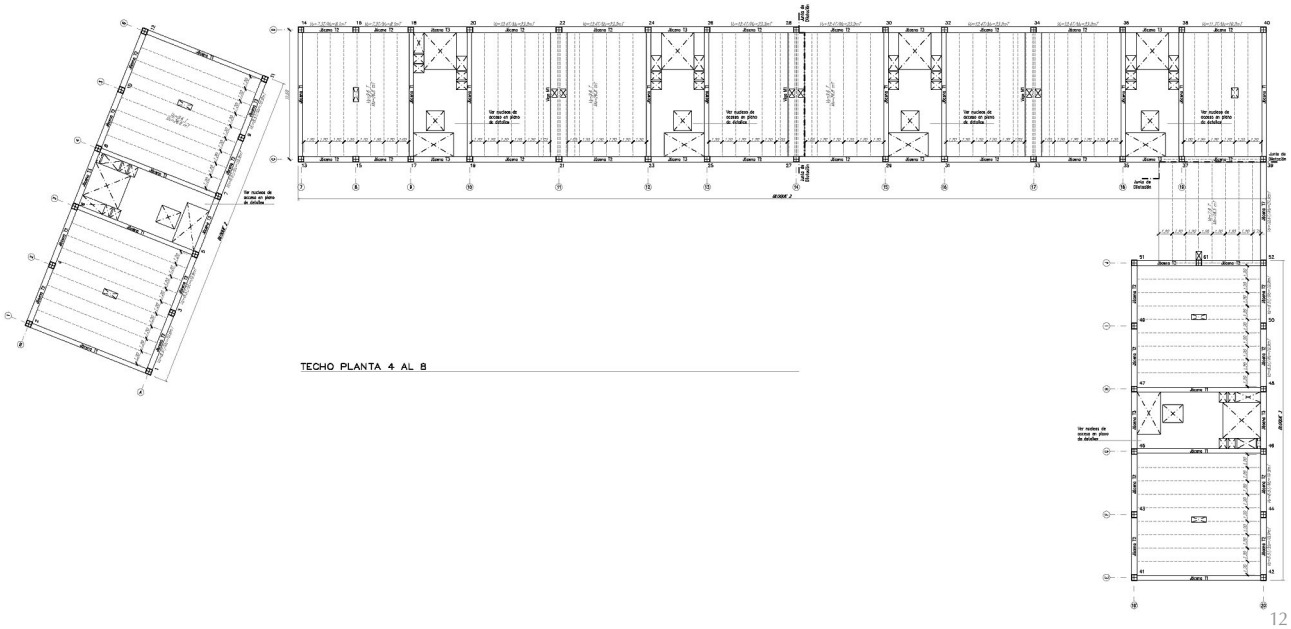
Puntos de análisis de los procesos de obra

Se enumeran el conjunto de puntos que se cuantifican durante el transcurso de las obres para poder valorar los diferentes parámetros que son objeto de estudio.

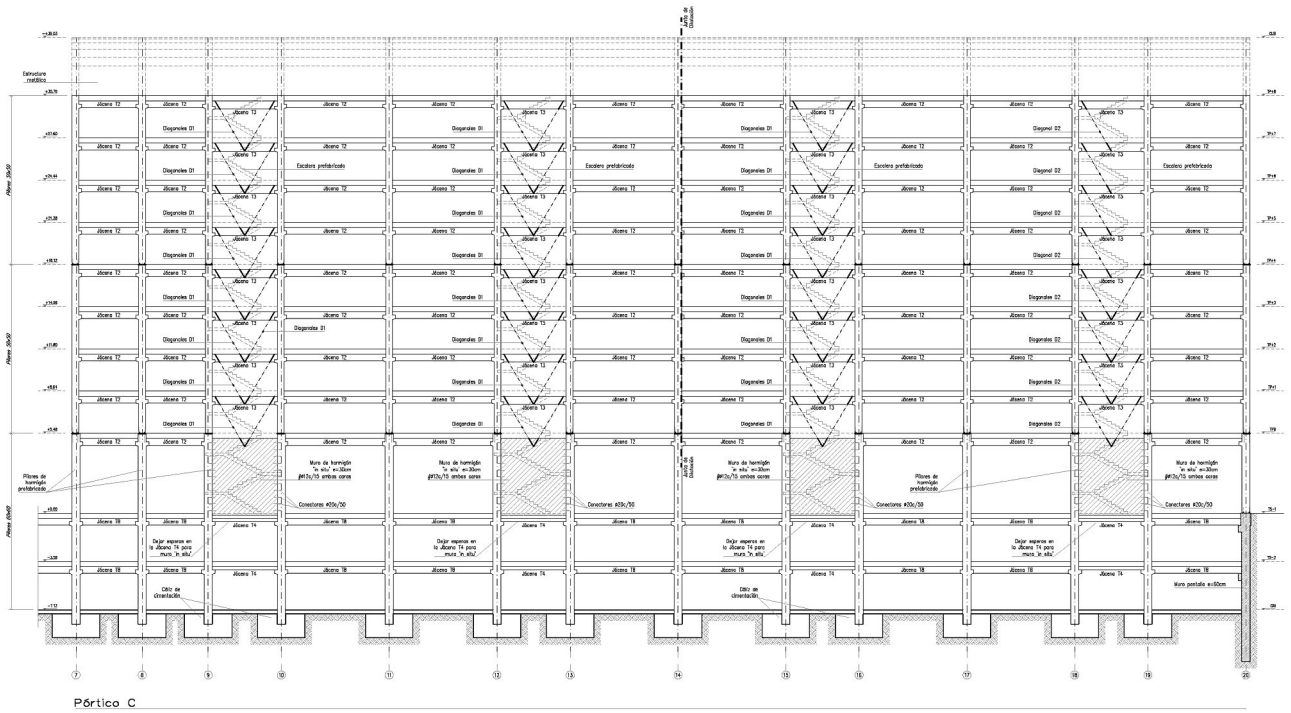
11. Planta tipológica.



11



12



13

1. Comparativa de evolución de fases y tiempos de ejecución de las 2 obras.
2. Comparativa de procesos ejecución de las 2 obras.
3. Comparativa de precio de las estructuras de las 2 obras.
4. Comparativa de precio de los cerramientos de las 2 obras.
5. Comparativa del consumo de material utilizado para las estructuras de las 2 obras.
6. Comparativa del consumo eléctrico de las 2 obras.
7. Comparativa del consumo de agua de las 2 obras.
8. Comparativa del volumen y tipo residuos generados en las 2 obras.
9. Cuantificación de los consumos energéticos requeridos en la fábrica de prefabricados.
10. Cuantificación de los consumos de agua requeridos en la fábrica de prefabricados.
11. Cuantificación de residuos y su tratamiento en la fábrica de prefabricados.
12. Comparativa de número y distancias recorridas de camiones entrantes en las 2 obras.
13. Comparativa de los planos y documentación de ejecución de las 2 obras.
14. Comparativa de los puntos de responsabilidad y de control del proceso de ejecución de las 2 obras.
15. Comparativa de la evolución de la construcción a través del informe de Seguridad y Salud de las 2 obras.
16. Comparativa de las incidencias de las dos obras derivadas de las condiciones meteorológicas.

12. Planta estructural.

13. Sección estructural.

14

15

17. Comparativa de evolución semanal de la obra en imágenes y según diferentes puntos de vista.
18. Comparativa fotográfica de ejecución de elementos especiales y detalles constructivos.
19. Descripción fotográfica de los centros de producción de los elementos prefabricados.

3. PROYECTO PROTOTIPO DE VIVIENDA UNIFAMILIAR "CASA KYOTO" TORRESSERONA, LLEIDA. PROMOTOR PMP, Promoción Privada. En colaboración con el Instituto Tecnológico de Lleida (ITL)
Equipo arquitectura: Pich-Aguilera; Industrial: Prefabricados Pujol.

"Casa Kyoto" es la primera vivienda unifamiliar industrial de hormigón, basada en criterios de edificación sostenible y desarrollada por una industria. El proyecto se presentó por primera vez al público en el Salón Internacional de la construcción Construmat 2005. Casa Kyoto es un prototipo de casa bioclimática construida con elementos prefabricados de hormigón. El actual prototipo de Casa Kyoto tiene 250 m², distribuidos en tres plantas (sótano más dos), con un coste garantizado desde la firma del proyecto y un plazo de entrega determinado en un máximo de 4 meses. Su estructura versátil, a base de elementos básicos prefabricados del hormigón permite una readaptación posible de sus componentes. Está compuesta de pórticos de pilares y jácenas de hormigón idénticos sobre los que se apoyan losas de forjado con los pasos de instalaciones. A esta estructura base se apoya la envolvente de paneles de hormigón a doble cara con aislante y cámara de aire ventilada. Las losas de escalera de hormigón son también producidas en taller. Todos los elementos estructurales de hormigón quedan vistos tanto interior como exteriormente, precisando sólo de una capa de pintura.

La construcción es isostática, estando los elementos simplemente apoyados con bandas de neopreno o bien atornillados con fijación icoliso. Los muros de contención del sótano son también elementos prefabricados, doblemente apoyados en la estructura, quedando simplemente la cimentación mediante zapatas como única operación in situ, desde la que arrancan mediante de cálices los pilares de la estructura. El sistema admite una personalización en distribuciones, materiales y la incorporación de sistemas más o menos sofisticados de producción y eficiencia en el consumo interior de la vivienda. Así pues, el sistema de solución constructiva modular industrializado posibilita la flexibilidad de los espacios y una posible evolución de la vivienda hacia nuevos usos.

La empresa promotora, íntimamente ligada a la industria de elementos de hormigón, tiene la posibilidad de gestionar los procesos de fabricación y colocación, permitiendo insertar la producción puntual de sus elementos a los tiempos muertos que se producen en las líneas de fabricación de tiradas más largas; a su vez, la ejecución de componentes para vivienda unifamiliar permite a la industria una interlocución directa con la idiosincracia de este mercado, siendo capaz de transportar al grueso de su producción los avances y las evidencias que se constatan en el ensayo. El proyecto parte, pues, de unos sistemas industriales de hormigón en el que debían integrarse otros industriales que garantizasen el ajus-

14. Imagen de la obra.

15. Imagen del estado actual de la obra.

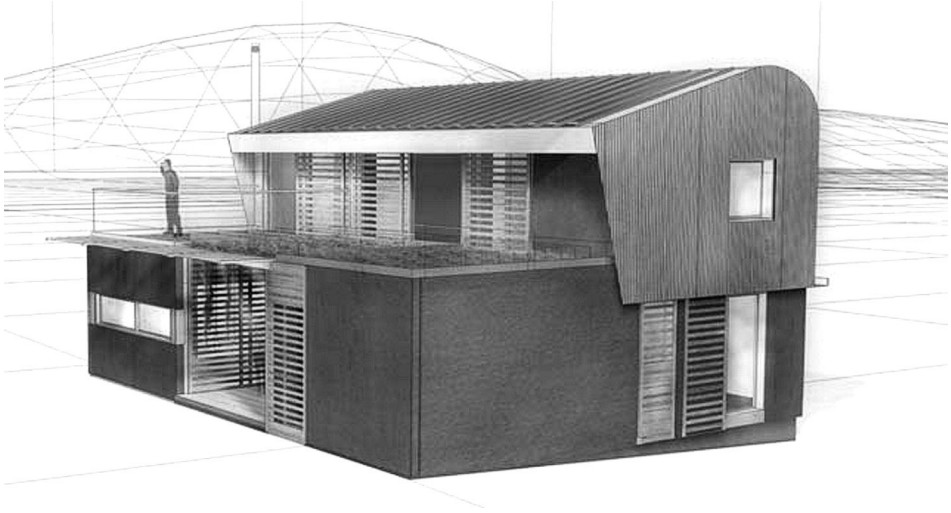
te a éstos y, por tanto, pudiesen suministrar sistemas integrales que se ensamblaran a la estructura base. Además de los elementos prefabricados de hormigón, el proyecto contempla como sistemas industriales: un sistema de cubierta aljibe ajardinada; una cubierta ligera de plancha sobre la que se integran paneles solares fotovoltaicos de producción de electricidad y paneles solares de producción de agua caliente; y dos paredes técnicas ligeras en las cuales se sitúan las instalaciones de agua y electricidad, y que, a su vez, actúan como chimenea de succión del aire fresco del sótano y los distribuye hacia toda la vivienda. El objetivo del proyecto opera por conseguir un mínimo impacto medioambiental. Sus fachadas (aperturas y formas) y distribución interior fueron estudiadas para gestionar de modo óptimo la irradiación de calor y luz natural. La prioridad del industrial y promotor, no sólo estaba en un ajuste de los sistemas industriales a utilizar en la nueva vivienda, sino en conseguir un buen comportamiento bioclimático.

El principal aspecto en su comportamiento se debe a su sistema de ventilación cruzada natural canalizada desde la propia arquitectura. El aire fresco que entra en los subterráneos de la casa se canaliza a través de las paredes técnicas industrializadas hacia la parte superior de la vivienda, provocando una corriente de aire ascendente que permite la climatización natural. Con este sistema se permite controlar un diferencial entre 5 a 10 grados con respecto a la temperatura exterior. En este sentido se contempla también la instalación de un pozo canadiense, con el fin de garantizar una ventilación permanente de forma controlada, con las garantías de filtración del aire impulsado, recuperación del calor en invierno, y la difusión suave del aire, además de un enfriamiento durante el verano y

16

una protección antihielo durante el invierno. La importancia de las paredes de hormigón hacia el interior permiten aprovechar las características propias de inercia de los paneles y conservar el calor y frío de la vivienda. El proyecto contempla también la construcción de un patio interior ventilado, un atrio en el cual se crea un microclima específico que actúa de regulador entre el interior y el exterior de la vivienda.

Finalmente nos gustaría remarcar un aspecto que puede parecer etéreo, pero que sin embargo es para nosotros un factor determinante en la construcción. La industrialización de la edificación incorpora una dimensión racional en sus componentes, la ideación abstracta y precisa de cada pieza que ensamblada debe encajar con las otras, formando el entramado de un edificio preconcebido. Esta concepción abstracta de las partes que acaban prefigurando el todo es, en sí misma, una profunda evolución



17

16. Imagen de un equipo de obra trabajando.

17. Infografía publicitaria de la vivienda unifamiliar.

18. Esquemas de funcionamiento de la vivienda unifamiliar.

19. Planta baja.

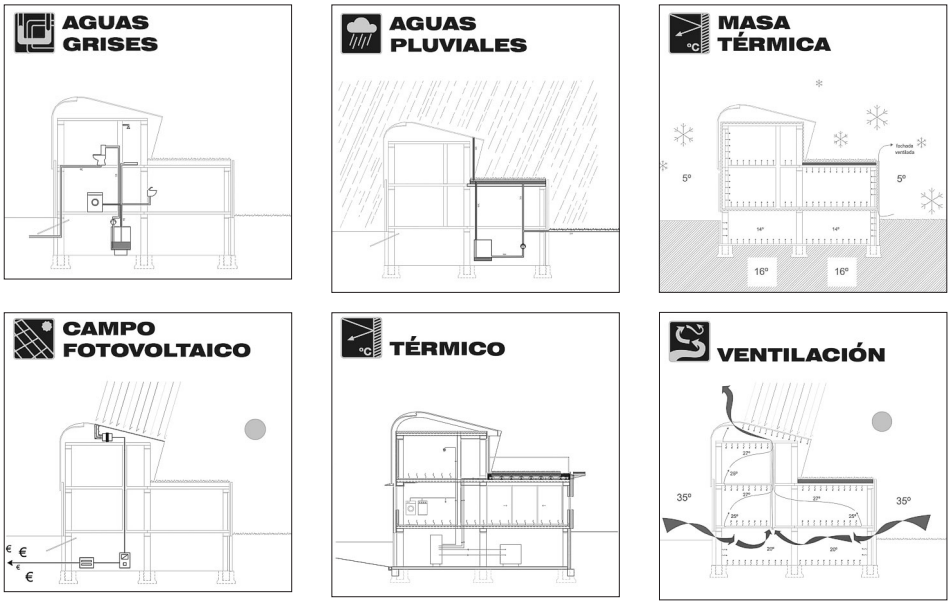
20. Planta primera.

21. Imagen del proceso de montaje de la vivienda.

22. Imagen del proceso de montaje de la vivienda. Anclajes de las piezas de hormigón y paso de instalaciones.

23. Imagen del proceso de montaje de la vivienda. Espacio interior con estructura y cerramientos con acabados sin necesidad de ser revestidos.

24. Imagen de la vivienda terminada.



19

20

21

22

23

24

ideológica y tecnológica con respecto de una construcción básica basada en la acumulación y confinamiento del material, dado que tiende hacia la precisión y la calidad, en un camino de mejora progresiva y un salto tecnológico que podríamos comparar con el paso de la construcción en barro a la construcción en piedra con la técnica de la estereotomía, sus formas y su nuevo utillaje. La arquitectura ha de implicar, forzosamente, a las técnicas y los sistemas de producción de su tiempo, si quiere ser contemporánea, huir de este compromiso con su momento cultural es empobrecedor dado que priva a la sociedad del impulso de su propia voz.

BIBLIOGRAFÍA

(1) Schumacher, E. F.: Small Is Beautiful. Hartley & Marks Publishers, Vancouver, 1999.
(2) S. Kuhn, T.: The Structure of Scientific Revolutions. University of Chicago Press, hicago, 1962.
(3) Arques Soler, F. Miguel Fisac. Editorial: Ediciones Pronaos, Madrid, 1996.
(4) Diversos autores: Habitar Millor. Converses sobre Habitatge. Editorial: Fad (Foment de les Arts i del Disseny), Barcelona, 2008.
(5) Torroja Miret, E.: Razón y ser de los tipos estructurales. Editorial: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 2007.
(6) González Blanco, F.: Miguel Fisac Huesos Varios. Editorial: Fundación COAM, Madrid, 2007.
(7) Fernández Ordóñez, J. A.: Eugène Freyssinet. Editorial: 2C ediciones, Hospitalet de Llobregat, 1978.
(8) Dumail, F.: Jean Prouvé Constructeur 1901-1984. Editorial: Éditions de la Réunion des musées nationaux, París, 2001.

* * *