

Industrialización en la vivienda social de Madrid

Industrialization in the social housing of Madrid

J. Montes^(*), I. P. Camps^(*), A. Fúster^(**)

RESUMEN

El empleo de sistemas industrializados a menudo se enfrenta a las inercias de formas de construir tradicionales, al desconocimiento técnico y a la desconfianza sobre los costes de todos los implicados en el proceso de promoción, construcción y habitación. Este artículo insiste en la necesidad de sistematizar y racionalizar todo el proceso.

La promoción de sistemas industriales requiere una comprensión amplia del tejido industrial y de la necesidad de modificar hábitos constructivos. Se debe entender como una apuesta estratégica consciente para impulsar la industria de la construcción, así como un medio para conseguir un producto de más calidad y mayor seguridad en obra.

Para reforzar la implantación de sistemas industrializados, es importante incidir en los beneficios medioambientales de su utilización, tales como reciclaje, eficiencia energética de su producción y menor generación de residuos. También considerar como fundamental la satisfacción y participación en el proceso del que será su usuario final.

SUMMARY

The use of industrialized systems often clashes with the inertia of traditional construction methods, the lack of technical knowledge and fear of a budget increase of all those agents involved in the process of design, construction and dwelling. This article stresses the relevance of systematize and rationalize the entire process.

The promotion of industrial systems requires a wide understanding of the industrial context and the need of changing construction habits. It is an strategic and conscious effort to boost the construction industry, as well as a means to achieve higher quality in the product, and safer construction sites.

To support the implementation of industrialized construction systems, is important to stress the environmental benefits of their use, such as recyclability, energetic efficiency of their production and the smaller amount of waste material. At last, never forget the satisfaction and participation in the whole process of the final user.

195-17

Palabras Clave: industrialización, edificación abierta, proceso constructivo, vivienda social, aceptación de los usuarios.

Keywords: industrialization, open building, construction process, social housing, approval of the users.

(*) Arquitectos Studio MadStock, Madrid, (España).

(**) Universidad de Alcalá de Henares e Innovación Residencial. E.M.V.S.M. Madrid, (España).

Persona de contacto / Corresponding author: jmbentura@yahoo.es (J. Montes)

Fecha de recepción: 13-07-10

Fecha de aceptación: 19-10-10

NOTA: CRÉDITOS

Fotografía: EMVSM - I. Pablo Camps, excepto indicadas

Planos y gráficos: EMVSM - Jaime Montes, excepto indicados

Figura 5: fotografía cedida por Salvador Pérez Arroyo

Figura 11: fotografía cedida por Manuel Santolaya

Figura 18: Ilustración de M. Friedrich para el manual "Learning Together To Manage Together; Improving Participation in Water Management" (10)

1. INTRODUCCIÓN

El presente artículo se ha desarrollado a partir de un trabajo de investigación realizado durante los años 2007 y 2008 sobre el nivel de industrialización en las promociones de la Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid (EMVSM), promovido y financiado por la Dirección de Proyectos de Innovación Residencial¹, dentro del marco del Proyecto Singular y Estratégico para la Industrialización de la Vivienda Sostenible (INVISIO) (1). El trabajo "Industrialización en las Promociones de la Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid" (2) analiza la incidencia de 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.

Se contó con una base de más de cuarenta edificios ejecutados en los últimos quince años, de los que se seleccionaron veinticuatro para elaborar el informe. Este artículo se ha hecho sobre esta selección. El Edificio Demostrador manubuild² (3) (4), ejecutado con posterioridad a la redacción de este artículo, completó los veinticinco casos del informe definitivo. La orientación desde la EMVSM, tanto de los responsables de la Dirección de Proyectos de Innovación Residencial como la colaboración de la Dirección de Proyectos de Nueva Edificación, fue fundamental a la hora de facilitar la información y el material referido a los edificios.

Una vez hecha la selección se contactó con técnicos responsables de los proyectos. El nivel de colaboración fue muy bueno y se pudieron realizar entrevistas con personas implicadas en casi todos los proyectos, así como recibir información suplementaria en algunos casos.

Tras las entrevistas, la primera parte del trabajo consistió en el análisis de las mismas y en el estudio de los edificios. Se descartó describir el proceso de cada obra por resultar tedioso y repetitivo. Sin embargo, tanto las dificultades y ventajas en los procesos de obra como los aciertos o errores en las soluciones constructivas elegidas, se han registrado y se han ordenado, destacando sólo aquellos casos concretos que pudieran presentar particularidades de interés.

En el segundo apartado se describieron los edificios en formato de fichas, las cuales recogían la información de cada edificio.

El tratamiento de las fichas, mediante tablas iguales y planos a las mismas escalas y con

el mismo grafismo, permite comparar los edificios entre sí de manera inmediata³.

Siguiendo el espíritu inicial de establecer un Estado del Arte en el contexto concreto de la promoción de vivienda social en Madrid, el apartado de conclusiones se desarrolló a partir de la información recogida y de las experiencias transmitidas por parte de los implicados en los proyectos. Se llevó a cabo también una recopilación de propuestas y sugerencias que nacen de la información recogida acerca del modo concreto en que podría enfocarse la industrialización en adelante.

El presente artículo expone, por lo tanto, el resultado de una investigación que intenta conocer el nivel de desarrollo e implantación de la industrialización dentro de un marco definido, de cara a entender de dónde se parte para poder trazar el camino hacia una mayor y mejor industrialización en la vivienda.

Cabe también señalar que se analizaron los componentes constructivos y su problemática técnica, incluyendo aspectos relacionados con la sostenibilidad y la gestión del proyecto, así como aspectos urbanísticos que inevitablemente se ven afectados. En ningún caso se pretendió realizar una valoración estética o compositiva de los mismos.

El trabajo se completó con la realización en paralelo de un informe sociológico a través de encuestas entre los habitantes de aquellas promociones estudiadas que ya estaban habitadas⁴. El objeto de este estudio era conocer el nivel de satisfacción de estos usuarios y su experiencia en relación con la industrialización de sus viviendas. Dado que este artículo se centra principalmente en los aspectos técnico-constructivos, sólo se le harán referencias puntuales.

Selección de edificios

Los edificios se seleccionaron a partir de aquellos que contenían un mínimo significativo de elementos industrializados. El término industrializado en este artículo comprende a todo elemento o componente tratado de forma no convencional, fabricado fuera de la obra u off-site⁵. Esto ya se hizo así en el trabajo de investigación original para abarcar el mayor número de elementos distintos y adaptarse mejor a la realidad constructiva de los edificios. Su elección final obedece a la voluntad de obtener la mayor variedad posible en cuanto a sistemas, productos, localizaciones y tipologías. Se adjunta un listado completo en el Anexo 1. Un cuadro con los principales elementos singulares de cada promoción se puede consultar en el

¹ El estudio fue promovido por la Dirección de Proyectos de Innovación Residencial (PIR) de la EMVSM siendo directora Ana Iglesias y bajo la coordinación técnica de Almudena Fúster.

² Se trata de un demostrador de edificación abierta y sostenible, llevado a cabo por la Dirección de Proyectos de Innovación Residencial de la EMVSM dentro del programa europeo Manubuild que promueve la industrialización abierta.

³ Para la consulta de las fichas remitimos al informe original.

⁴ El estudio sociológico fue coordinado por Juan Armindo Hernández desde la EMVSM y llevado a cabo por un equipo dirigido por el sociólogo y técnico urbanista Elías Trabada.

⁵ Entendemos que en este sentido el término elemento off-site es el que más se aproxima a la realidad constructiva actual. La traducción textual del inglés es fuera de obra.

Tabla 12⁶. En un primer acercamiento, se observa que la fachada es el elemento más industrializado, y el panel de hormigón el producto más utilizado. En el presente documento se emplea el término elemento de manera flexible. Mayor precisión en lo que debería considerarse elemento remitimos a la bibliografía (5).

2. INDUSTRIALIZACIÓN EN LOS EDIFICIOS ANALIZADOS

2.1. Aspectos generales

En términos generales se puede afirmar que se encontró un elevado número de promociones con elementos industrializados, así como una alta predisposición hacia su uso por parte de los proyectistas.

Los beneficios perseguidos mediante el uso de elementos de procesos industrializados, principalmente están en el aumento de la calidad constructiva y en la eficiencia en el proceso de obra, antes que en el ahorro económico. En otras palabras: ofrecer un producto de mayor calidad que, dentro de un proceso controlado y ordenado, no suponga un aumento significativo de su coste final. El objetivo no debe ser nunca mantener la misma baja calidad constructiva a un precio menor.

Entre las prestaciones que pueden proporcionar están el control de la ejecución y la fiabilidad del acabado. Existe también en muchos de los casos estudiados una razón que va más allá de lo puramente práctico: el uso de una tecnología avanzada permite destacar el edificio entre aquellos que utilizan sistemas tradicionales como el ladrillo.

Respecto al uso de productos fabricados por la industria, todos los proyectistas entrevistados destacan la importancia de la relación con el industrial. Dado su conocimiento del producto, limitaciones y posibilidades, la intervención del industrial desde las fases iniciales de diseño y su coordinación con el arquitecto y el constructor, es fundamental para el máximo aprovechamiento de los sistemas. Más adelante trataremos el tema de la coordinación de todos los agentes que intervienen como factor fundamental para lograr un proceso industrializado eficiente.

De las conversaciones con los proyectistas se deduce que se produce una elevada cantidad de cambios entre lo proyectado y lo que finalmente se ejecuta. Dichos cambios no son necesariamente a peor, en algunas ocasiones durante el desarrollo de la obra se incorporan mejoras, pudiéndose retomar soluciones desechadas en proyecto por pensar que son más caras de lo que en realidad son. Un ejemplo de esto se dio en la promoción de Méndez

Álvaro⁷, donde se usaron paneles de GRC en fachada a propuesta de la constructora.

Sin embargo, es más común el caso de desecharse productos industriales por problemas de presupuesto o por inviabilidad técnica. En ocasiones incluso se desechan a priori, el proyectista opta por soluciones tradicionales para asegurarse de que se va a poder llevar a cabo su ejecución y controlarla desde el proyecto, evitando cambios durante la obra. Esto se debe en gran medida a que al proyectar se desconoce la capacidad técnica que tendrá la constructora adjudicataria, por lo que se recurre a técnicas comunes que cualquiera pueda desarrollar. Por ejemplo, en la promoción de Carabanchel 8 se desecharon en proyecto tabiquerías de cartón-yeso por malas experiencias en obras anteriores por parte de la promotora.

También se puede citar el edificio de Valde-ribas 3, el cual tenía en proyecto bastantes elementos industrializados que finalmente se ejecutaron con técnicas tradicionales. Aún cuando se había diseñado a base de módulos repetidos y crujeas estructurales constantes que sistematizaban el edificio y las soluciones constructivas, se descartó ejecutar la estructura industrializada prevista en proyecto. Del mismo modo se descartó la tabiquería de cartón-yeso que pretendía proporcionar mayor flexibilidad en la distribución de las viviendas. Estos descartes por parte de la promotora se basaban en malas experiencias en otras obras. Los motivos van desde que resultan más caras o considerar que las empresas constructoras, en general, no están preparadas para dichas soluciones, hasta el habitual rechazo por parte de los usuarios a ciertas soluciones, como es el caso de los tabiques de cartón-yeso.

Podemos contar entre los principales problemas a la hora de instalar sistemas industrializados: su escasez en el mercado; falta de conocimiento de los mismos y, por tanto, desconfianza hacia ellos; falta de formación en su uso; hábitos constructivos muy arraigados difíciles de cambiar; falta de confianza en las posibles ventajas que puedan ofrecer las novedades.

Otro de los problemas más nombrado son las excesivas rebajas y modificaciones en los presupuestos que obligan, por un lado a eliminar sistemas a priori más caros y, por otro, a provocar falta de continuidad de las obras por cambios de proyecto. Se dan casos como el de Vallecas 4, en el que la constructora adjudicataria hizo una rebaja del 20% del presupuesto inicial, lo que obligó a alterar mucho las soluciones constructivas del proyecto. Estas rebajas pueden llevar a cambios de constructora por resultar imposible llevar a cabo la obra manteniendo el presupuesto ofrecido,

⁶ Consultar las Tablas 1 y 2 al final del artículo.

⁷ Ver más datos sobre todos los edificios referidos en Tabla 2.

1. Plantas parciales de un núcleo de escaleras con dos viviendas por planta. Promociones Sanchinarro 4, Sanchinarro 12, Pradolongo 2 y Carabanchel 16. Más adelante, en la figura 14 se muestra el desarrollo completo de un edificio de similares características como es Carabanchel 8.

2. Valderribas 3 cuatro viviendas por núcleo de escaleras con patio interior. Se sugieren diferentes posibilidades de asociación de estancias: comedor con salón o cocina baño asociado a dormitorio o a comedor, pasillo independiente o integrado...

3. Carabanchel 6, cuatro viviendas por planta: posibilidad de alterar la distribución mediante tabiques móviles y un pasillo elevado que aloja las camas.

lo que conlleva el consiguiente trastorno en el proceso de ejecución y el más que probable encarecimiento del producto final.

Los presupuestos no suelen tener en cuenta el posible ahorro en el montaje dentro del proceso constructivo, prima el precio de fábrica del producto sobre otras variables como el montaje, para poder ofrecer un presupuesto muy bajo, que obliga a improvisar en la obra.

En los ejemplos analizados el tipo de elemento industrializado que se busca es uno que se adapte a un proceso tradicional de construcción, ya que normalmente no se intenta modificar la forma de construir el conjunto del edificio. Otra característica que debe tener es cierta flexibilidad y adaptabilidad al proyecto, en otras palabras: que se pueda personalizar. Siguiendo clasificación empleada por Alfonso del Águila (6), esto implica la preferencia de la serie analógica (repetición de un elemento pero admitiendo cambios), frente a la icástica (repetición de un elemento siempre idéntico).

2.2. El proyecto

De este modo se entienden dos grupos de elementos compositivos. Estructura e instalacio-

nes se tratan como elementos fijos y perdurables en torno a los que se organizan el resto de estancias de manera que las plantas sean flexibles y procurando que las viviendas tengan doble orientación. Esta forma de proyectar implica condiciones que, en principio, permitirían industrializar bastantes elementos, simplificar el número de soluciones constructivas y racionalizar el proceso.

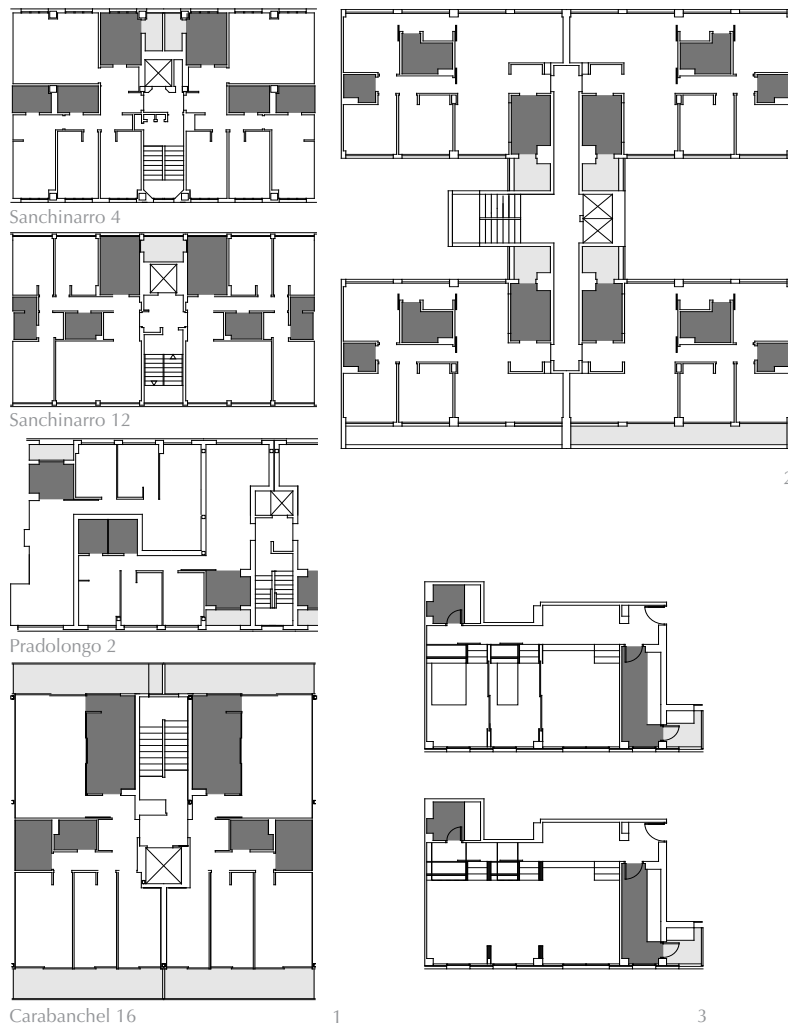
La flexibilidad en planta de las viviendas se vería beneficiada por el uso de tabiquerías industrializadas de construcción en seco, que facilitan cambios futuros en la distribución, no sólo internamente en las viviendas, también en el uso global del edificio. Sin embargo, normalmente se usa tabiquería pesada por motivos prácticos basados en experiencias pasadas, como puede ser una mala ejecución que provoca una merma en las prestaciones del tabique o las quejas de los vecinos hacia este tipo de soluciones.

Muchos proyectos sugieren distintas posibilidades de habitar una misma vivienda pero, tras la ejecución, se entrega al usuario un resultado cerrado. Permitir al usuario elegir la distribución de su vivienda se adaptaría mejor a las necesidades reales de una sociedad cambiante y evitaría algunas reformas de las mismas. La entrega al usuario de una distribución cerrada viene forzada por los requerimientos que tiene cada vivienda de protección oficial de ofrecer un número de habitaciones determinado.

Si describimos la planta tipo que recoja estas características nos encontramos un bloque de desarrollo lineal, con dos viviendas pasantes por planta en cada núcleo de escaleras. La estructura se oculta en el espesor de las fachadas, posibilitando cierto grado de libertad en la distribución de la planta. Las cocinas, siempre iguales, se concentran junto a los núcleos de escalera, en cuyo ancho se alojan los tendederos para permitir la ventilación directa de la cocina. Los baños, basados en tipos repetitivos, se concentran en la crujía central del bloque, agrupándose en los muros separadores de viviendas. Se adjuntan algunos ejemplos (Figura 1 y Figura 14).

Valderribas 3 ofrece unas características similares, pero introduce patios interiores en el bloque. En la distribución de la planta se ha colocado un baño en situación intermedia de la vivienda que permite adaptar fácilmente la vivienda a diferentes distribuciones mediante puertas correderas o mínimas variaciones de tabiques (Figura 2).

Carabanchel 6 incorpora un elaborado sistema de tabiquería móvil y camas que se pueden guardar bajo un pasillo elevado. De tal forma que se puede alterar completamente el espacio en muy poco tiempo (Figura 3).



2.3. Elementos Industrializados

Entre los elementos analizados, se han incluido todos los sistemas en seco y aquellos que se alejan de formas tradicionales de construir buscando aportar cualidades adicionales al proceso constructivo.

Ya se ha comentado cómo en proyecto se consideran algunos elementos fijos, que son más perdurables y reciben mayor atención e inversión en el proyecto. Suelen ser repetitivos y sugieren posibilidades de industrialización, si bien no siempre es el caso.

Estos elementos fijos son los que forman el esqueleto y la piel del edificio: instalaciones, estructura y fachada. Un motivo práctico es que el esfuerzo de inversión es más rentable debido a que son los elementos más estables en la vida útil del edificio. En cambio, se asume que elementos como los acabados interiores están más sujetos a cambios y expuestos a usos indebidos. Aquellos destinados a perdurar deben ofrecer la máxima fiabilidad constructiva para evitar problemas y patologías. En este sentido es especialmente interesante el empleo de productos industrializados, porque ofrecen procesos de fabricación controlados, comprobados y fiables.

Se ha indicado el intento de regularizar y sistematizar los cuartos húmedos en proyecto y, por tanto, las instalaciones. Sin embargo, en este apartado no se han encontrado elementos industrializados, debido posiblemente su desconocimiento o poco arraigo. Cabe recordar que en países del norte de Europa como Inglaterra u Holanda, la industrialización de las instalaciones está extendida de forma generalizada.

En cuanto a la estructura, el ocasional uso de estructura metálica permite reducir el espesor de la fachada y reducir el tiempo de puesta en obra respecto al hormigón *in situ*.

En dos promociones se ha utilizado un sistema de encofrado rápido de hormigón armado⁸. Si bien se hormigona *in situ*, su particularidad reside en el encofrado ligero de aluminio, flexible y versátil, de montaje rápido. Reforzado por el uso de aditivos aceleradores del fraguado del hormigón, permite la construcción de plantas enteras en un solo día.

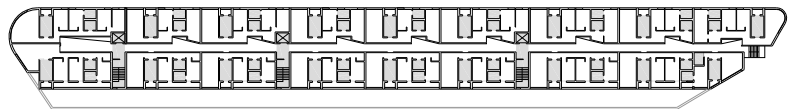
En estos sistemas (Figura 4) se vierte al mismo tiempo el hormigón de todos los muros, tabiques y forjado de una planta: son todos estructurales y tanto aislamiento como instalaciones quedan embebidos. Por un lado, se da una respuesta rápida a todas las partes del edificio con una única solución constructiva; por otro lado, si todos los muros son estructurales, no se puede modificar ningún tabique, lo que redu-



4



5



6

ce la flexibilidad de las viviendas. Además los acabados interiores de hormigón no parecen los más adecuados en cuanto habitabilidad, véanse también acciones cotidianas como colgar un cuadro o una estantería. Se puede optar por el trasdosado, pero esto no elimina los problemas de flexibilidad y disminuye los efectos de simplificación del proceso constructivo con un único elemento. Se pueden considerar una buena solución en casos que requieran rapidez de ejecución, no prevean modificaciones en el futuro o en proyectos que consigan luces que permitan espacios diáfanos de un tamaño suficiente.

En el edificio de Gran Vía de San Francisco se diseñó la estructura a partir de módulos tridimensionales industrializados de hormigón armado (Figura 5). Estos módulos contienen los elementos fijos del edificio: núcleos de escaleras y ascensores, cuartos de baño y cocinas. El sistema industrial que se utilizó ya no se encuentra en el mercado, pero existen otros similares y, si recordamos lo ya comentado en relación a la planta libre en torno a los cuartos húmedos, sin duda, éste sería un sistema apropiado para gran cantidad de edificios, ya que la distribución suele guiarse por estos parámetros de repetición de baños y cocinas y liberación el resto de la planta (Figura 6).

Sin lugar a dudas es en la fachada es donde se utilizan más elementos industrializados. Su uso obedece a que, además de ofrecer

4. Sanchinarro 6 emplea un sistema de encofrado rápido de aluminio para hormigonado *in situ* que proporciona gran velocidad de ejecución.

5. Módulos estructurales tridimensionales industrializados en hormigón armado para núcleos de baños, cocinas y ascensor-escalera en Gran Vía San Francisco (cedida por Salvador Pérez Arroyo).

6. Planta general de Gran Vía de San Francisco: los módulos estructurales son los elementos fijos que marcan el ritmo de la planta.

⁸ Sistema Forsa en Sanchinarro 6 y Carabanchel 20.

7. Soluciones de fachada ventilada: cerámica en Sanchinarro 4, panel estratificado en Vallecas 16 y vidrio en Vallecas 1.

8. Estudio de la longitud de onda en panel grecado de Sanchinarro 12.



Sanchinarro 4



Vallecas 16



Vallecas 1

una mayor calidad y control en el acabado, la fachada es el principal elemento definidor del proyecto. El elemento industrializado de fachada tiene una función de imagen importante: por un lado aporta un lenguaje moderno al alejarse del tradicional ladrillo, y por otro se adapta bien a la tendencia a componer fachadas tersas y abstractas. Esta última circunstancia se ve reforzada por el uso de un elemento repetitivo de acabado muy regular que, además, permite piezas de gran formato que se adapten a distintas situaciones sin alterar su imagen.

Existen algunas fachadas ventiladas (Figura 7), que en su mayoría optan por incorporar soluciones de catálogo con distintos acabados. Las hay de paneles metálicos, de paneles sándwich, cerámicas y de paneles estratificados. En estos casos cabe resaltar la necesidad de conocer el producto para adaptarse a sus posibilidades de modulación y la solución de puntos singulares. Se buscan los productos que menos limiten la libertad del proyectista.

En Vallecas 1, se ejecutó una fachada ventilada de vidrio, hecha ex-profeso para la obra, mediante el diseño propio de los perfiles y los sistemas de anclaje de aluminio. Constituye un buen ejemplo de fabricación *off-site* artesanal en taller. Esta forma de trabajar, a la vez que ofrece una solución personalizada y totalmente adaptada al proyecto, incorpora cierto grado de incertidumbre ante su comportamiento a largo plazo. Valorar pros y contras depende mucho de cada situación, si bien es cierto que este tipo de industrialización casera se encuentra habitualmente en elementos repetitivos, tales como celosías, barandillas escaleras, balcones...

2.4. Paneles de hormigón armado

De entre los productos empleados en fachada el más común es, sin duda, el panel de hormigón armado, funcionando en alguna ocasión también como elemento estructural. En cuanto al panel de hormigón, se pueden hacer algunos comentarios que sirven como ejemplo ilustrativo de la forma en que se considera la industrialización de modo general.

Por motivos compositivos, económicos y de adaptación a la normativa urbanística, la mayoría de los bloques son prismas, de volumen regular y constante. El estudio en profundidad de estos motivos no es objeto del presente artículo, pero afecta en la medida en que la fachada acaba siendo el principal elemento de imagen, de expresión del proyecto, para el que se buscan soluciones

constructivas que permitan ajustar la textura, el color y el despiece al gusto o la necesidad de cada proyecto.

El panel demandado es un producto industrial que permite personalización, adaptación a diferentes situaciones de obra y variación sobre la muestra de catálogo.

Para ello se señaló por parte de varios proyectistas como fundamental la relación con el industrial: para conocer tanto las posibilidades como las limitaciones. Valga como ejemplo el hecho de que el tamaño máximo de panel viene condicionado por las dimensiones máximas que permiten el transporte por carretera de los mismos. Asimismo, surgió en casi todos los casos la importancia de una buena planificación del montaje y un minucioso estudio del despiece, a través de los cuales se puede obtener el resultado deseado sin tener que recurrir a piezas siempre iguales. Conociendo y respetando el proceso de fabricación y montaje, variaciones sobre un módulo tipo base no encarecen el producto final.

En este sentido podemos destacar el estudio de la onda del panel de hormigón de Sanchinarro 12. Se trata de un panel estriado colocado en vertical. Se consiguió la continuidad de las estrías en toda la vertical y mantener constante la longitud de onda incluyendo los cambios en esquinas (Figura 8). Además se contrapearon los paneles para que no sea la junta vertical continua el motivo dominante de la fachada. Para ello, se estudiaron múltiples longitudes de onda durante el proyecto hasta elegir 11,4 cm. Este ejemplo muestra que un estudio concienzudo del problema en el proyecto aporta soluciones a problemas delicados manteniendo un proceso de fabricación y montaje sencillo.

Considerar el elemento industrializado dentro de la planificación de obra puede ser una manera de obtener ventajas extras del mismo. Normalmente las fachadas se componen en bandas horizontales, por lo que se aprovecha a montar lo antes posible los paneles sobre el forjado para que sirvan como peto durante la obra y ahorrar en sistemas de seguridad.

Un aspecto revelador es la baja tecnología encontrada en el montaje de paneles. Casi no se han encontrado sistemas de anclaje patentados fabricados industrialmente. La puesta en obra se suele ejecutar mediante soldadura de perfiles metálicos embebidos en el panel a placas fijas del forjado, lo que limita notablemente cualquier posibilidad de ajuste de su posición.



Sanchinarro 12

8



Pradolongo 2



Sanchinarro 12



Carabanchel 6



Avda. Ciudad de Barcelona

9. Soluciones de fachada a base de paneles de hormigón prefabricado:

– Sanchinarro 12 y Pradolongo 2 componen la fachada en bandas usando panel gregado gris oscuro.

– Carabanchel 6 y Avenida Ciudad de Barcelona utilizan piezas lisas color gris claro siendo el despiece el motivo principal de la fachada.

– En hormigón blanco: Pradolongo 1 emplea un panel texturado y Valdeirribas 3 alterna distintos tamaños de panel con piezas especiales en forma de celosía.



Pradolongo 1



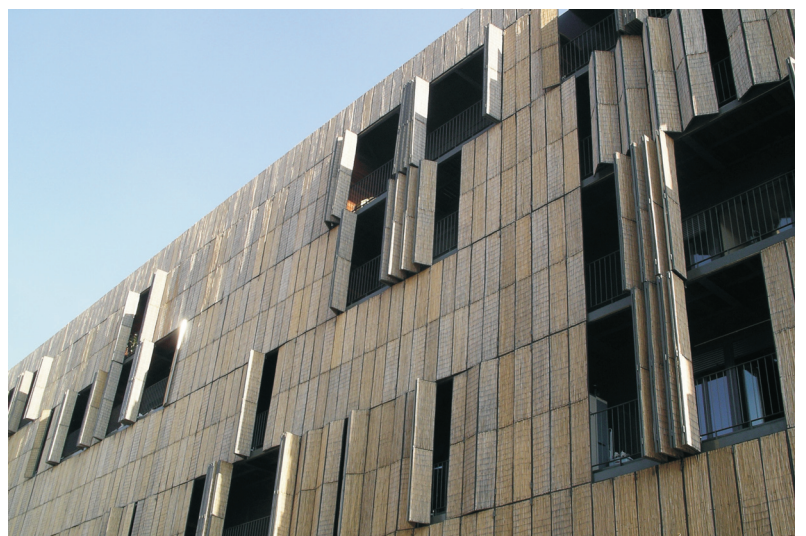
Valdeirribas 3

9

10. En la fachada ventilada de bambú montado sobre bastidores y deployó en Carabanchel 16 se consigue variedad compositiva gracias a que casi todos los módulos son practicables.

En este punto cabe comparar cualquier fachada de hormigón (Figura 9) con una realizada por repetición de elementos fabricados ex-profeso por el personal de obra como es la fachada de bambú montada sobre bastidores metálicos de Carabanchel 16 (Figura 10). En ambos casos se trata de la repetición de un módulo que racionaliza la fabricación y asegura un mínimo de calidad. El elemento hecho ex-profeso no cuenta con el control de calidad de la fábrica, pero a cambio el proyectista puede tener control absoluto sobre su diseño. El montaje en ambos casos sigue el mismo patrón tradicional de forma de trabajo.

El espíritu de la racionalización en alguna ocasión se expresó como la voluntad de sa-



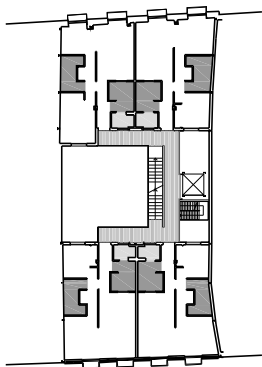
10

11. Verona 203-A, paneles de fachada de GRC pigmentados en varios tonos de ocres y sistema regulable de anclaje (foto cedida por Manuel Santolaya).

12. Planta y fachada a la calle Huer-tas del edificio entre medianeras Lope de Vega.



11



12

13. Vallecas 8. Imagen exterior y sección. Entre las dos cerchas anulares que apoyan en ocho puntos se sitúa el pasillo central de distribución. De la cercha en voladizo de la cubierta cuelgan unos tirantes a tracción que van por la fachada, sobre los que apoyan los forjados. La planta baja queda libre y continua. Las viviendas son completamente diáfanas.

car ventajas al trabajo en taller, a través de la sistematización del proceso y la adaptación de las soluciones a la obra.

Los paneles de GRC tienen características muy similares de fabricación y montaje a las del hormigón. Se destacan aquí porque sólo en el montaje de estos paneles ligeros en Verona 203-A se usaron sistemas de anclaje que permiten el ajuste del mismo en las tres direcciones (Figura 11). Este caso en particular presenta varias características de optimización en el uso de elementos industrializados. En primer lugar se eligió este producto por ser el que mejor se adaptaba al volumen del edificio (en detrimento del ladrillo, que era la primera opción pero dada la forma del edificio su ejecución resultaba dificultosa). En segundo lugar por la colaboración con el industrial para adaptar el diseño de los paneles en forma de U para lograr mayor estabilidad, y en tercero por el estudio de los pigmentos para conseguir los diferentes tonos de panel que componen la fachada. Todas estas decisiones se pudieron tomar en proyecto colaborando con el industrial y sin afectar al ritmo posterior de la obra ni al coste de la fabricación.

Por otro lado, en este mismo edificio encontramos uno de los obstáculos más habituales con que se encuentra la industrialización: la difícil adaptación de la normativa existente a sistemas nuevos o poco habituales. Se diseñó una fachada de panel sándwich que resolvía por sí misma las necesidades de aislamiento. Por desconocimiento de la solución adoptada y por falta de sellos de calidad que la avalasen, se obligó a reforzar el aislamiento por parte del control de calidad, lo que implicó el consiguiente trasdosado de ladrillo, duplicando la fachada y encareciendo la solución final.

2.5. Actuación en Casco Urbano Consolidado

El edificio de la calle Lope de Vega 10 presenta varias particularidades respecto al resto de las promociones, debido a que está ubicado en el centro histórico de la ciudad, en una zona de calles estrechas, encajado en una parcela pequeña entre medianeras (Figura 12). Hubo que demoler el edificio antiguo, conservando una fachada protegida, y construir de nuevo el resto.

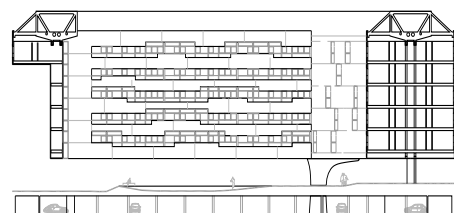
En una rehabilitación urbana de estas características la industrialización ofrece muy buenas prestaciones. La difícil accesibilidad y la dificultad para el acopio de materiales hacen especialmente interesante el trabajo en fábrica, por reducir el tiempo de

trabajo en un lugar complicado así como por limitar las molestias a los vecinos en zonas densamente pobladas y de gran actividad. Incluso sistemas avanzados y costosos como el aparcamiento robotizado, se vuelven rentables debido a que aportan soluciones que de otro modo serían inviables. Dicho aparcamiento es el primero de estas características instalado en la Comunidad de Madrid y se le ha dotado de un sistema de monitorización y seguimiento para controlar el éxito de la experiencia y el perfeccionamiento en siguientes instalaciones. Es un ejemplo de cómo los sistemas novedosos requieren de ciertas medidas de refuerzo para asegurar su correcto funcionamiento en las primeras experiencias.

2.6. Soluciones Integrales

Hasta el momento se ha hablado de elementos industriales y fabricados *off-site* que se insertan dentro de un proceso tradicional. En general, no se consideran el diseño y la ejecución del edificio como un único proceso industrializado, de manera que se aborden todos los aspectos constructivos y organizativos globalmente. Sin embargo, algunas promociones afrontan desde la concepción del proyecto, cuestiones y formas de actuar que muestran un acercamiento hacia lo que se puede considerar un proceso industrializado. Para poder establecerlas como ejemplo, se analizan más las intenciones y el espíritu de la actuación que la definición concreta.

En Vallecas 8 y Carabanchel 8 se concibe el edificio a partir de elementos de gran escala. El primero de ellos es un bloque de manzana cerrada apoyado sólo en ocho pilares que sujetan dos cerchas de ocho plantas de altura (Figura 13). Dichas cerchas forman el anillo central que contiene el pasillo de acceso a las viviendas. Sobre las cerchas anulares,



13

en cubierta, otra gran cercha volada recoge unos tirantes que van por fachada sujetando los forjados. De este modo se libera la planta baja, salvo en ocho puntos donde se sitúan los portales, mejorando la permeabilidad de la ciudad a nivel de calle. Además, las viviendas, colocadas en batería a ambos lados del pasillo, quedan completamente libres de elementos estructurales y la fachada tiene gran libertad compositiva.

En Carabanchel 8 (Figura 14) se diseñó una estructura de hormigón *in situ* que destaca por haber sido concebida con escala de obra civil. A través de grandes luces, se logran viviendas diáfanas, las cuales quedan contenidas entre dos pórticos de estructura. Asimismo, la flexibilidad se traslada al edificio en su conjunto para posibles cambios durante su vida útil. La fachada queda totalmente libre, puesto que los pilares están algo retranqueados, gracias a que las vigas de gran canto permiten cierto vuelo en los extremos. Al mismo tiempo, mediante losas alveolares de origen industrial se consiguen forjados de secciones reducidas. El coste final de la estructura no fue mucho más elevado gracias a una cuidada planificación y al ahorro en el tiempo de ejecución, por el uso de pocos elementos y un número limitado de soluciones constructivas. El sistema de fachada de paneles industriales de hormigón de gran tamaño se combina con la estructura diseñada. Los paneles van de pilar a pilar y se colocan en bandas horizontales, lo que permite independizar el trabajo por plantas. La fachada sin pilares permite situar las ventanas donde se necesiten, sin perder la imagen general en bandas del edificio.

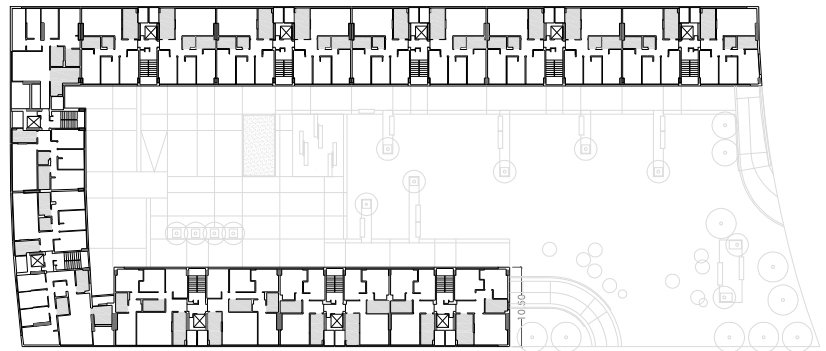
En Carabanchel 20 (Figura 15), sin embargo se recurre a la especialización de las partes. Desde el proyecto se incide en la modulación y repetición de un módulo base. Tiene un volumen principal en forma de L ajustado a la alineación de la calle. Es constante y repetitivo, construido en hormigón *in situ*, se ejecuta mediante un sistema de encofrado rápido. El resto de elementos son cajones ligeros metálicos que se cuelgan de este volumen monolítico como grandes cerchas en voladizo que aprovechan la inercia de la masa de hormigón. Se produce una dualidad entre elementos pesados y ligeros que permite trabajar con ellos al mismo tiempo de manera independiente (el hormigón en obra y el acero en taller), y aprovechando las cualidades de cada material.

Otra aproximación consiste en resolver todo el edificio mediante un único elemento, simplificando el proceso y los detalles constructivos. Es el caso de los

paneles de hormigón usados como estructura y fachada. En Vallecas-17 (Figura 16) los paneles de fachada



14. Carabanchel 8. Imagen exterior y planta general. Cada vivienda queda comprendida entre dos pórticos estructurales. Están formados por grandes pilares y vigas en voladizo perpendiculares a la fachada, que queda libre de estructura. Este edificio contiene muchas de las características más habituales de la organización en planta: dos viviendas por núcleo de escaleras con banda central de aseos y cocina en fachada con tendedero tras ascensor. La fachada se compone en bandas horizontales de carpintería y paneles de hormigón armado.



14



15. Carabanchel 20. Imagen exterior y planta. El volumen en L construido en hormigón aporta inercia. Al interior cuelgan en voladizo cajones metálicos ligeros.



15

16. Vallecas 17 la estructura la componen los paneles de hormigón portantes de la fachada y los de separación de las viviendas.

17. Parque Europa P-1. Imagen exterior de paneles portantes de hormigón armado de fachada coloreados. El conjunto se divide en diez bloques iguales de paneles de fachada portantes en todo perímetro y un sólo pilar en cada vivienda.

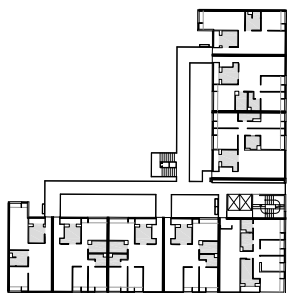
son portantes, cumpliendo la doble función de acabado y estructura. Estos mismos paneles se colocan transversalmente a fachada, marcando el ritmo estructural y de la distribución en planta. Cada vivienda queda comprendida entre dos muros de carga de hormigón.

En Parque Europa P-1 (Figura 17) se fragmenta la promoción en varios volúmenes iguales. Los muros de carga de hormigón son los de fachada en todo el perímetro e interiormente apoyan en el núcleo escalera-ascensor y en un solo pilar por cada vivienda, permitiendo flexibilidad en planta. El resultado son diez volúmenes iguales, que se

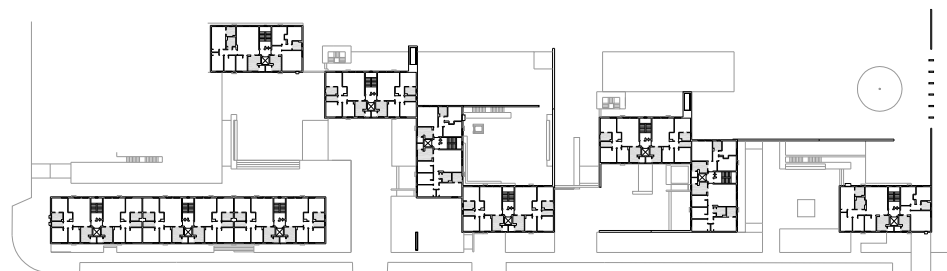
vecinos. No es objeto del presente artículo el análisis pormenorizado de los resultados de la encuesta, pero sí parece oportuno hacer algún breve comentario al respecto.

Frente a la creencia bastante extendida de que los receptores de las viviendas son contrarios a diseños modernos y edificios que se alejen de la imagen tradicional de fachada de ladrillo, en la encuesta los vecinos se mostraron satisfechos por vivir en edificios de diseño moderno y diferenciado que fueran reconocibles. Al mismo tiempo se recoge la percepción generalizada acerca de los productos industrializados como de peor calidad.

Parece una posibilidad viable involucrar a los propietarios en el seguimiento de las soluciones novedosas para conseguir un conocimiento sobre su uso, así como introducir una adecuada pedagogía acerca de los sistemas instalados. Esta labor pedagógica evitaría situaciones como la de Valderribas 3 en la que los propietarios interpusieron una demanda al Defensor del Pueblo por considerar que se les estaba entregando un edificio de muy baja calidad, basándose en que incorpora una fachada de hormigón armado.



16



17

combinan, girándolos y variando la altura para obtener un espacio urbano articulado.

Para un proceso industrializado el poder resolver de una misma manera todos los bloques es muy beneficioso. En esta promoción, la fragmentación del conjunto facilitó la posibilidad de simultanear y compatibilizar el trabajo de los diferentes oficios en varios bloques a la vez. La coordinación y el aprovechamiento de los recursos de mano de obra supone una notable mejora del proceso constructivo. Partiendo de este ejemplo, se puede considerar que el uso y variación de elementos y escalas comunes puede aportar unidad y coherencia a actuaciones urbanas.

3. ENCUESTA SOCIOLÓGICA

En paralelo al estudio de los sistemas constructivos se realizó un estudio sociológico a través de encuestas por formulario entre los

En la reacción a los sistemas industrializados se ha detectado que el rechazo a veces se produce por algún defecto constructivo o de diseño, que afecta al usuario, quien no localiza el origen y lo achaca al elemento visible. Valga como por ejemplo la atribución de malas prestaciones climáticas a la fachada de Sanchinarro 4. Un análisis detenido de la solución de fachada, hace pensar que más que a la fachada ventilada cerámica, el problema puede deberse a un aislamiento insuficiente y de la sobre-exposición al sol del oeste de una fachada tersa, sin aleros ni parasoles.

En Carabanchel 6 se emplea un sistema de tabiques móviles y suelos elevados que permiten guardar las camas. Este sistema posibilita que el espacio sea diáfano o compartimentado a voluntad. El alto número de obras realizadas o previstas refleja que quizás esta solución no se adapta a las necesidades reales del usuario final: familias que desean

independencia en las habitaciones. En este caso se añade la cuestión técnica de la falta de una respuesta solvente por parte de la industria al problema de la insonorización de los tabiques móviles.

En el estudio se señala la conveniencia de establecer grupos permanentes de trabajo con inquilinos presentes y futuros para poder conocer sus necesidades y adaptar las viviendas proyectadas a la demanda real de sus habitantes. Esta labor continua de consulta e investigación, así como su correcta interpretación puede servir para centrar el diálogo entre arquitectos y usuarios en los problemas reales y sus soluciones⁹.

4. CONCLUSIONES

4.1. Industrialización – Fabricación Off-site – Sistema Industrial

- Los sistemas producidos por la industria, ofrecen una garantía de calidad y fiabilidad en el resultado, sobre todo si poseen los sellos de calidad correspondientes. También deberían ofrecer soluciones más avanzadas tecnológicamente, lo que nos lleva a la primera cuestión que surgió durante la elaboración del informe: la poca implantación de la industria y la baja tecnología de los sistemas empleados. Apenas se encuentran sistemas constructivos avanzados tecnológicamente, más bien elementos fabricados en serie que se instalan en obra de forma tradicional.
- Comparando las experiencias de los edificios estudiados, a la hora de hablar de elementos industrializados conviene considerar tanto los producidos por la industria como los producidos ex profeso en fábrica, es decir cualquier elemento off-site.
- En general, se soluciona el edificio por partes, no se concibe el proceso constructivo como industrializado, entendido como proceso en el que se consideran globalmente todos los aspectos y agentes implicados en cada fase, desde la idea del proyecto a la ejecución final, de cara a obtener una mayor eficiencia en tiempo y en calidad. El proceso industrializado así entendido debe tener en cuenta las posibilidades técnicas al alcance y, a menudo, debe optar por soluciones tradicionales si la industria no ofrece una alternativa viable.
- Puede ser más industrializado un edificio con fachada de ladrillo, si ha considerado globalmente todo el proceso constructivo, que uno que instala paneles de hormigón. La rápida ejecución de una fachada no re-

sulta una ventaja si no está coordinada con el resto del proceso de obra: en Méndez Álvaro N-I se llegó a montar una fachada de dieciséis plantas en un mes para después detener la obra por otros motivos.

- No todas las constructoras tienen los medios y el conocimiento para aplicar cualquier solución constructiva. Este problema se acentúa si tenemos en cuenta que al redactar el proyecto no se sabe con qué constructora y qué medios se va a contar. De ahí que, a veces, se opte por sistemas tradicionales que siempre pueden llevarse a término.
- Otros beneficios: asegurar unos estándares mínimos de calidad elevados y fortalecer el tejido industrial, de tal forma que ayude a que el sector de la construcción sea más profesionalizado y estable, intentando que el valor de un edificio no recaiga en el precio del suelo, si no que dicho valor se traslade a la calidad constructiva (8).
- Es muy importante incidir en el esfuerzo de incrementar el nivel general de la calidad constructiva y no centrar muchos esfuerzos en algunos elementos, normalmente los más visibles de la obra, olvidándose del resto.
- Los productos industrializados deben aportar flexibilidad y adaptabilidad a la demanda. No se precisan grandes stocks, sino elementos rápidos de fabricar y con posibilidades de adaptarse a cada obra.
- Objetivo: industrialización abierta, mediante construcción en seco, que genere menos escombros y sea reciclable. Sistemas que posibiliten un montaje rápido, variación en el tiempo y participación del usuario. Podemos hablar de sistemas plugin, de sistemas altamente industrializados, abiertos y combinables (Manubuild), o establecer la analogía con los bloques de Lego, en el que el edificio es un conjunto de piezas que el usuario no sabe construir, pero es capaz de combinar (9).

4.2. Proyecto

- En el transcurso de las entrevistas se planteó, por parte de proyectistas y promotores, la posibilidad de entregar viviendas diáfanas, sin necesidad de construir las divisiones interiores. Existen varios grados, desde construir sólo los cuartos húmedos, menos propensos a modificaciones, hasta entregar un espacio vacío con puntos de conexión para instalaciones. Se entregaría al propietario un espacio con distintas posibilidades de uso entre las que podría elegir.

⁹ Esta sugerencia es un aporte fundamental del sociólogo Elías Trabada Crende, así como una línea de trabajo en la que se encuentra investigando desde hace años.

Esto permite centrar los esfuerzos en la ejecución de calidad para los elementos más permanentes del edificio: estructura, fachada e instalaciones. Los acabados interiores normalmente reciben menos recursos y esfuerzos, en parte porque se sabe que son los menos duraderos y cuyo mal acabado tiene menos consecuencias, también porque a menudo se reforman poco tiempo después de la entrega o se reformarían si el usuario tuviera dinero. La entrega del piso sin distribuciones diversificaría el beneficio económico de la construcción, reduciría escombros de obras al dejar de hacer dos veces el mismo elemento y se adaptaría de acuerdo a los gustos y recursos de cada propietario.

4.3. La Industrialización Como Proceso

- Afrontar el proceso industrializado supone un modelo más racional y eficaz, en el que se considere en su conjunto todo el proceso que va desde la idea hasta la recepción, incluso después.
- El primer cambio de mentalidad pasa por considerar el edificio como un producto. Dicho producto debe proporcionar una alta calidad, no sólo estética, sino también técnica, producido en un proceso eficiente y controlado.
- Si se quiere promocionar el uso de elementos industrializados, su aplicación debe ser consciente, entendiendo por consciente el tener en cuenta las dificultades, necesidades y posibles sobre costes, así como las formas de minimizarlos, y realizar el seguimiento y los ajustes que conllevan las experiencias pioneras.
- Industrializar no implica sólo el hacer grandes promociones. También se puede referir a la sistematización de proceso y

necesidades similares de promociones situadas en distintos lugares.

4.4. Gestión

- La labor de gestión tiene especial relevancia en organismos como las EMVSM, que mediante iniciativas entre las que se encuentra el estudio que dio origen a este artículo puede dar continuidad y divulgar las experiencias.
- También es importante contar con sistemas de monitorización y seguimiento de consumos como los que ya existen, en los que se puede estudiar y corregir los patrones de consumo de cada habitante, así como establecer pautas para mejorar en promociones futuras.
- La construcción de viviendas más sostenibles, la concienciación en el ahorro energético y la inclusión de sistemas constructivos reciclables, activos y adaptables, probablemente conlleven un cambio de mentalidad hacia una mayor implicación del usuario con su vivienda, por ello conviene reforzar la labor pedagógica y el conocimiento de qué tipo de sistemas son más eficientes y más fáciles de usar y mantener, mediante el seguimiento y el *feedback* continuo con los habitantes. Es en este sentido en el que podrían funcionar los grupos de trabajo estables sugeridos anteriormente.

4.5. Integración del Proceso

- Entre los aspectos más importantes a tener en cuenta en la gestión del proceso industrializado está la integración. Actualmente el proceso de concurso-adjudicación-diseño-construcción está muy fragmentado e introduce a agentes implicados con distintas mentalidades, intereses y medios tanto técnicos como económicos de una manera descoordinada en el tiempo, provocando alteraciones significativas de los procesos de obra.
- Ingenieros e industriales deben intervenir cuanto antes en el proceso, para que aspectos importantes de las instalaciones, o de necesidades de montaje y fabricación de productos industrializados no supongan una sorpresa.
- Presupuestos muy bajos y poco realistas obligan a modificar soluciones de proyecto por otras más baratas *a priori*, afectando al diseño del edificio, a la calidad constructiva y al proceso de ejecución.

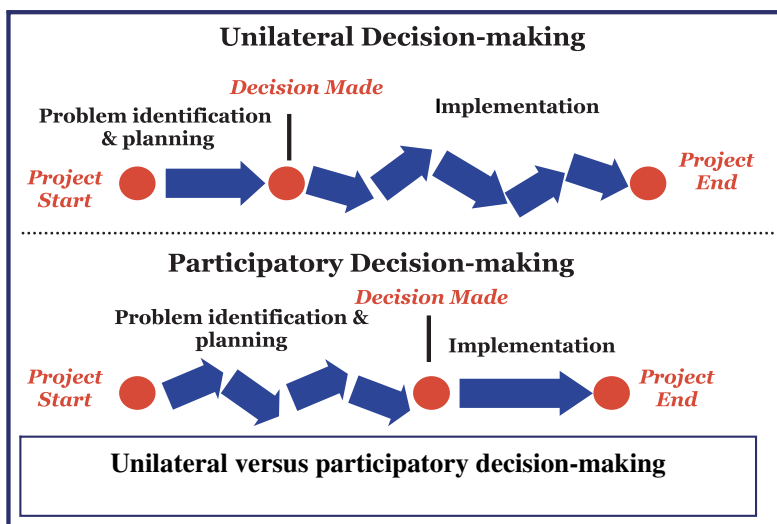


Ilustración de M. Friedrich (10)

- Frente a un escenario de ritmos cambiantes y rectificaciones de proyecto y presupuesto, habría que tender a un proceso controlado. Se sugiere un escenario en que proyecto y presupuesto sufran el mínimo de alteraciones durante la obra, saliendo así beneficiada en tiempo, calidad y respeto al diseño arquitectónico.
- En cualquier proceso se puede aplicar la acumulación de conocimiento previa. Antes de empezar a construir conviene prever el máximo de variables posible e incorporar el máximo número de agentes, factores y opiniones posibles. El esquema adjunto (Figura 18) fue diseñado para procesos de participación ciudadana (10), pero es igualmente válido para

procesos constructivos. En el mismo se muestra cómo mediante una fase de proyecto y acumulación de conocimiento muy exhaustiva se consigue un mejor proceso de implementación, más lineal, más rápido, con menos imprevistos y menos cambios. De este modo, se aumenta la fase de proyecto pero se reduce la de ejecución, lo que suele resultar en ahorro económico y más fiabilidad. Esto contrasta con la forma de trabajo en el que se empieza la obra, se van solventando problemas según aparecen y se incorpora a los especialistas durante el proceso. Lo cual suele conllevar los habituales patrones de obra, correcciones del proyecto y modificaciones de presupuesto sobre la marcha.

TABLA 1

Cuadro con los elementos constructivos industrializados de cada edificio

	GRAN VÍA DE S FRANCISCO	LOPE DE VEGA, 10	EL ÁGUILA ALCATEL P-8	MENDEZ ÁLVARO N-1	AVDA CIUDAD DE BARCELONA	PARKUE EUROPA P-1	CARABANCHEL 6	CARABANCHEL 8	CARABANCHEL 16	CARABANCHEL 20	PRADOLONGO 1	PRADOLONGO 2	SAN FRANCISCO JAVIER, 1	SANCHINMARRO 4	SANCHINMARRO 6	SANCHINMARRO 12	VERONA 203-A	VALLECAS 1	VALLECAS 4	VALLECAS 8	VALLECAS 12	VALLECAS 16	VALLECAS 17	VALDERRIBAS 3
+ ESTRUCTURA INDUSTRIAL DE HORMIGÓN	●	●	●		●		●		●	●										●		●	●	
+ SISTEMA INDUSTRIAL DE ENCOFRADO RÁPIDO PARA HORMIGONADO IN SITU									●				●											
+ NÚCLEOS ESTRUCTURALES DE ASEOS, COCINAS Y ESCALERAS	●																							
+ ESTRUCTURA METÁLICA	●	●					●	●		●	●		●							●	●			
+ PANEL DE FACHADA DE HORMIGÓN			●	●	●		●		●	●		●	●					●	●			●	●	
+ PANEL DE FACHADA DE GRC			●			●										●								
+ FACHADA VENTILADA CERÁMICA SOBRE BASTIDORES. ACABADO MOMOCAPA	●																							
+ FACHADA VENTILADA CERÁMICA SISTEMA INDUSTRIAL													●											
+ FACHADA VENTILADA DE VIDRIO																●								
+ FACHADA VENTILADA DE PANEL ESTRATIFICADO DE MADERA DE ALTA DENSIDAD																						●		
+ PANEL SÁNDWICH METÁLICO						●																		
+ FACHADA VENTILADA DE CHAPA METÁLICA	●								●				●	●					●	●				
+ FACHADA DE LAMAS ORIENTABLES																					●			
+ FACHADA METÁLICA EN CELOSÍA MONTADA SOBRE BASTIDORES	●	●	●					●					●											
+ FACHADA A BASE DE CAÑAS DE BAMBÚ MONTADAS SOBRE BASTIDORES								●																
+ CONTRAVENTANAS	●	●		●	●	●	●	●	●													●		
+ CAJONES PREMONTADOS DE VENTANA				●							●													
+ ESCALERAS METÁLICAS PREMONTADAS	●	●																	●		●	●		
+ TABIQUERÍA DE PLACA DE YESO LAMINADO						●										●					●			
+ TABIQUES MÓVILES	●			●	●																			

TABLA 2
Tabla con los 24 edificios del estudio

PROMOCIÓN	GRADO DE PROTECCIÓN	ARQUITECTOS	FECHA ACTA RECEPCIÓN PROVISIONAL	FECHA ENTREGA A LOS VECINOS	DIRECCIÓN	Nº DE VIVIENDAS	SUP. EN HA.	DENSIDAD Viv/Ha	ELEMENTOS SINGULARES
DISTRITO 1 - CENTRO									
Gran Vía de S. Francisco	VPT	Salvador Pérez Arroyo Eva Hurtado	1996/05/09	1996/05/09	C/ Gran Vía de San Francisco 5,7 y 9	98	0,212	462	- Estructura de núcleos húmedos de hormigón armado. - Fachada de chapa metálica.
Lope de Vega	VPO arrendamiento	Luis de Pereda Fernández	2007	2007	C/ Lope de Vega, 10	11	0,034	324	- Aparcamiento robotizado
DISTRITO 2 - ARGANZUELA									
Águila Alcañal P-B	VPO	Oscar Rueda María José Pizarro	2003/10/23	2003/10/28	C/ Méndez Álvaro, 26; C/ Juan Martín el Empeinado	43	0,157	274	- Paneles de hormigón armado gris liso, despiece vertical
Méndez Álvaro Norte 1	VPO-RE	Hugo Araujo Marien Brieua Luis Plaza	En construcción	x	C/ Alamedilla 33	82	0,086	957	- Fachada de paneles de GRC - Fachada celosía de rejilla
DISTRITO 3 - RETIRO									
Avda Cdad. de Barcelona	VPP-SPT	Estudio Cano Lasso	2004/03/08	2004/03/08	C/ Arregui y Arruej, 1	23	0,070	329	- Paneles de hormigón armado gris liso, despiece horizontal - Cajones contraventana metálicos
DISTRITO 10 - LATINA									
Parque Europa P-1	VPP-SPT	Legorreta y Legorreta Eugenio Aguinaga	2004/12/16	2005/03/23	C/ Faustino Córdón Bonet, 4-22	112	0,868	129	- Paneles de hormigón armado en distintos colores lisos
DISTRITO 11 - CARABANCHEL									
Carabanchel 6	VPP-SPT	María José Aranguren José Gonzalez Gallegos	2004/04/23	2004/07/26	C/ de los Morales, 13; C/ del Carpio y Torta, 13 C/ Forsitia, 6	64	0,380	168	- Paneles de hormigón armado en tonos grises liso, despiece irregular
Carabanchel 8	VPP	Javier Arango	2006/02/24	2006/03/27	Avda. de la Peseta, 33-35	106	0,450	236	- Paneles de hormigón armado negro grecado, despiece horizontal
Carabanchel 16	VPP-SPT	Alejandro Zaera	2007/07/12	2007/08/28	C/ de los Clarinetes, 9-21	88	0,444	198	- Fachada celosía de caña de bambú montada sobre bastidores metálicos
Carabanchel 20	VPP Arrendamiento	dosmasuno arquitectos	En construcción	Próxima entrega	C/ del Valle del Boi, 2	102	0,444	230	- Estructura de moldes de hormigón - Fachada celosía de deployé montado en bastidores metálicos
DISTRITO 12 - USERA									
Pradolongo 1	VPP-SPT	Wiel Arets Fuensanta Nieto	2007/10/24	Próxima entrega	C/ del doctor Tolosa Latour, 13	147	1,036	142	- Paneles de hormigón armado blanco texturado, despiece horizontal
Pradolongo 2	VPP	Ángela Gª de Paredes Ignacio Gª Pedrosa	2006/06/08	2006/10/20	C/ del doctor Tolosa Latour, 15-27	146	1,046	140	- Paneles de hormigón armado negro grecado, despiece horizontal - Fachada de tubos de vacío
DISTRITO 13 - PUENTE DE VALLECAS									
San Francisco Javier I	VPO-RE	Ángela Gª de Paredes Ignacio Gª Pedrosa	2003/02/26	2003/02/26	C/ Eduardo Rojo, 2-6; C/ Sierra de la Sagra, 11	101	1,190	85	- Cajones prefabricados para huecos de fachada
DISTRITO 16 - HORTALEZA									
Sanchinarro 4	VPO-RE	Carlos Lamela	2002/07/09	2002/07/09	C/ del pintor Antonio Saura, 16	98	0,397	247	- Fachada ventilada cerámica
Sanchinarro 6	VPP	MVRDV Blanca Lleó	En construcción	xx	Avda. de Francisco Pi y Margall, 10	146	0,602	243	- Estructura de moldes de hormigón
Sanchinarro 12	VPP-SPT	Francisco Burgos Ginés Garrido	2007/03/07	2007/04/28	C/ Princesa de Éboli, 1	170	0,923	184	- Paneles de hormigón armado negro grecado, despiece horizontal
DISTRITO 17 - VILLAVERDE									
Verona 203 -A	VPO-RE	David Chiperfield Manuel Santolaya José María Fernández	2001/03/17	2001/03/17	Berrocal, 52-54	176	0,844	209	- Paneles de GRC de colores terrosos en vertical
DISTRITO 18 - VILLA DE VALLECAS									
Vallecas 1	VPP	Mariano Bayón	2007/07/04	2007/12/03	C/ de Tineo, 13-17	131	0,556	236	- Fachada ventilada de vidrio
Vallecas 4	VPP	Hugo Araujo Marien Brieua	En construcción	xx	Bulevar de la Naturaleza, 36 -42	127	0,556	228	- Paneles de hormigón armado negro liso. - Fachada de chapa verde
Vallecas 8	VPP-SPT	Salvador Pérez Arroyo Eva Hurtado	En construcción	xx	C/ Almonte 1-7	143	0,556	257	- Estructura de celosía metálica - Paneles de hormigón blanco liso, despiece horizontal
Vallecas 12	VPP	Javier Bardón Fernando Gutiérrez	2007/07/10	2007/07/23	C/ de Honrubia, 4	80	0,278	288	- Fachada de lamas de aluminio. - Estructura metálica
Vallecas 16	VPP	Javier Camacho María Eugenia Macía	En construcción	xx	Bulevar de la Naturaleza, 21-29	60	0,278	216	- Fachada ventilada de panel estratificado de madera - Escaleras metálicas en exterior.
Vallecas 17	VVPP-SPT	Paulo Mendes da Rocha Paloma Gómez Marín	2007/10/29	2008/01/02	C/ Cabeza Mesada, 24	60	0,139	432	- Estructura de paneles de h.a. - Paneles hormigón armado gris liso, homogeneizado con veladura
DISTRITO 19 - VICALVARO									
Valderribas 3	VPP-SPT	Rafael Guridi Cristina Tartás Enrique Vadillo	2005/11/07	2005/12/02	C/ Omega 15-23	118	0,465	254	- Paneles de hormigón armado blanco liso, despiece horizontal - Celosías en piezas de GRC

BIBLIOGRAFÍA

- (1) INVISO: Optimización de la producción de viviendas: Industrialización de Viviendas Sostenibles. Proyecto Singular y Estratégico. Ministerio de Educación y Ciencia. www.ietcc.csic.es/index.php?id=1501
- (2) Montes, J.; Camps, I.P.; Trabada, E.: "Industrialización en las promociones de la Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid". 25 Casos Significativos. Coordinación de la publicación J. Armindo Hernández. Coordinación del estudio A. Fúster, EMVS de Madrid, pendiente de publicación.
- (3) Fúster, A. et al.: "MANUBUILD Demonstration building in Madrid: From concept to reality". *Open and Sustainable Building proceedings*, ISBN 978-84-88734-06-8, 2010
- (4) Manubuild: www.manubuild.org
- (5) Salas, J.; Pérez Arroyo, S.: "Especificaciones Técnicas para la Convocatoria de Concursos de Viviendas de Promoción Directa por medio de Sistemas o Procedimientos Industrializados de Construcción". Para el I.N.V. Madrid, 1977
- (6) Del Águila, A.: "La Industrialización de la Edificación de Viviendas". Tomo 1. Marea Libros, Madrid, 2006.
- (7) Moya, L. (Ed.); Salas, J. et al.: "Vivienda Reducida". P. 147. Editorial Marea, Madrid, 2007
- (8) Pérez Arroyo, S.: "La Insoportable Pobreza de Nuestras Construcciones". *Informes de la Construcción*, nº 456-457 (1998) pgs 65-70. IETCC, Madrid.
- (9) SWOP Project Consortium. "Using the Lego Analogy to Engineer, Configure and Optimise". *Open Building Manufacturing. Core Concepts and Industrial Requirements*, Manubuild, Finland, 2007
- (10) Ridder, D.; Mostert, E.; Wolters, H.A. (eds): "Learning Together To Manage Together; Improving Participation in Water Management". Osnabrueck, USF, University of Osnabrueck, Germany. 2005. www.harmonicop.uos.de/handbook.php.

* * *