

Hacia una nueva vivienda social flexible mediante la investigación de procesos productivos industriales innovadores

RESUMEN. En la siguiente comunicación se realiza una reflexión sobre el panorama actual de la construcción de vivienda de tipo social y la necesidad de un cambio a través de la transferencia e integración de metodología de producción industrial de otros sectores más evolucionados tecnológicamente que el sector de la construcción. El nuevo concepto de vivienda debe responder a unas características de funcionalidad, calidad y económicas ligadas a nuevos criterios de sostenibilidad, flexibilidad e industrialización.

Se evalúan estos criterios para una posible adaptación a un nuevo concepto de vivienda teniendo en cuenta la adaptación de la producción a nuevos modelos de producción flexible desarrollados principalmente por industrias automovilísticas.

PALABRAS CLAVE: metodología - producción industrial - vivienda social - industrialización - sostenibilidad - flexibilidad

ABSTRACT. The following paper provides a reflection on the current prospect of social housing construction. A change of procedures is absolutely necessary. It is proposed to transfer and integrate industrial production methodology into construction field thus they are much more developed technologically sectors. This will give a new concept of housing that should offer functional, quality and economic characteristics as well as following new criteria: sustainability, flexibility and industrialization.

The possibility of adapting these criteria to a new concept of housing is evaluated taking into account the adaptation of production to new flexible production models mainly developed by automobile industries.

KEYWORDS: methodology – industrial production – social housing – industrialization – sustainability - flexibility

Alfonso del Águila García

Catedrático del Dpto. de Construcción y Tecnología Arquitectónicas.
Universidad Politécnica de Madrid.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura.
Av. Juan Herrera, 4. 28040-MADRID
(alfonso.delaguila@telefonica.net)

Alfonso del Águila García es Catedrático de “Industrialización y Prefabricación de la Construcción” del Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas. Investigador del Grupo “Técnicas Innovadoras y Sostenibles en Edificación” (TISE) de la UPM. Trabaja, desde hace más de 40 años, en los diferentes aspectos de *Open Building* + Sostenibilidad + Flexibilidad a escala nacional e internacional. Imparte en Grado y Postgrado la temática de Industrialización de la Construcción. Premio a la Innovación Educativa de la UPM en 2008.

Susana Hernando Castro

Arquitecta-Doctoranda del Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas. Universidad Politécnica de Madrid.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
Av. Juan Herrera, 4
(sus6000@hotmail.com) Tfno.687579932

Susana Hernando Castro es Arquitecta por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, y estudiante de Doctorado del Programa del Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la ETSAM, ha colaborado en varias publicaciones sobre temas de Industrialización y actualmente está realizando la Tesis Doctoral sobre Transferencia e Integración de Metodologías de producción industrial al Sector de la Construcción.

Palmira Rosa Martín García

Arquitecta-Doctoranda del Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas. Universidad Politécnica de Madrid.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
Av. Juan Herrera, 4
(palmeil@yahoo.es) Tfno. 650116823

Palmira Rosa Martín García es Arquitecta por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid y Estudiante de Doctorado del Programa del Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la ETSAM, ha colaborado en varias ponencias relacionadas con la Industrialización y actualmente está realizando el Trabajo de Investigación Tutelado sobre Cerramientos Industrializados Adaptables.

Hacia una nueva vivienda social flexible mediante la investigación de procesos productivos industriales innovadores

1. La necesidad de un nuevo concepto de vivienda social

La necesidad de un cambio en el panorama actual de la construcción de viviendas queda reflejada por las actuaciones llevadas a cabo estos últimos años, construyendo, a causa de una gran demanda, real y especulativa, sin preocuparse, en general, de hacerlo de la mejor manera posible.

La sociedad se encuentra en un constante cambio y la vivienda, debe adaptarse a estos cambios de manera funcional y acorde a sus necesidades. Un nuevo modelo de vivienda social sostenible e industrializada, que se caracterice por su funcionalidad, calidad y flexibilidad, es el principal objetivo a alcanzar de esta investigación.

La sociedad tiene en la vivienda un reflejo de sí misma, una sociedad cambiante necesita una vivienda adaptada a esos cambios, no sólo en el uso de la misma, incluso en su producción. La industria debe beneficiar a esa sociedad, produciendo acorde a sus necesidades, con empleos más estables, en mejores condiciones y mayor pluralidad de agentes participantes.

La sociedad necesita una industria capaz de producir viviendas adaptadas a sus usuarios, a los cambios demográficos, tecnológicos y de mantenimiento de la funcionalidad y habitabilidad.

La vivienda social en España, clasificada como VPO, es la que está subvencionada y regulada por el Estado, y se destina a hogares que no pueden acceder a un vivienda libre. Según el censo del 2008 existe un 12,42% de viviendas con algún tipo de protección, mientras que en otros países del norte de Europa alcanzan el 65%, porque incluyen a clases medias, con ayudas que varían según el nivel de ingresos. La media española es por lo tanto muy baja, respecto al nivel europeo.

En España, si nos ceñimos a la definición anterior de vivienda social, el estudio de este trabajo afectaría a una sección mínima de lo que realmente se pretende, deberíamos ampliar la definición con aquellas viviendas cuyo uso está destinado a un sector más amplio de la población con una demanda de vivienda asequible, flexible y adaptable a sus necesidades funcionales y de calidad, aunque esté promovida por el sector privado.

La sociedad española cambia, pero la vivienda no ha seguido el mismo ritmo de cambio ni en su tipología ni en su construcción.

Se deben valorar los aspectos del proyecto arquitectónico y su construcción para producir una vivienda social de calidad. Abordando asuntos como la flexibilidad, sostenibilidad, industrialización y costes económicos.

2. La investigación en la edificación de viviendas. El proyecto Europeo ManuBuild y el Proyecto INVISO.

La inversión en vivienda social en nuestro país es casi la mitad de la media europea. En la promoción privada es prácticamente nula.

Las entidades públicas, las empresas municipales apuestan por proyectos más innovadores desde el punto de vista de la industrialización y la sostenibilidad. Actualmente las viviendas de VPO, tienen una normativa distinta a las que no lo son, la calidad de estas, normalmente es sensiblemente mejor, los arquitectos que las diseñan tienen un mayor prestigio y se busca la mejora de la vivienda social en general.

Aunque la inversión en Investigación sobre estos temas es mucho menor que en otros sectores industriales, se han promovido algunos Proyectos de Investigación tanto a nivel Europeo como en nuestro país.

El Proyecto Singular y Estratégico INVISO (Industrialización de Viviendas Sostenibles), en el que los autores de esta comunicación hemos podido participar, mediante el Subproyecto 5 "Optimización de la producción de vivienda", comenzó en el año 2006, pretendiendo optimizar la producción de viviendas por medio de la industrialización de los procesos constructivos, generando el diseño de nuevos materiales y sistemas y elaborando herramientas de diseño y gestión que faciliten este proceso.

Los objetivos fundamentales del Proyecto pretendían seguir unos criterios fundamentales:

a. Asegurar la producción más eficiente y competitiva de viviendas por medio de la industrialización de los procesos constructivos, generando el diseño de nuevos materiales y sistemas, y desarrollando una serie de herramientas de diseño y gestión que faciliten la labor, tanto a promotores y proyectistas, como a fabricantes y constructores.

b. Asegurar la sostenibilidad de las viviendas, tanto en su proceso de producción como en su uso, desarrollando el diseño de elementos que pueda ofrecer el mercado para incorporar en la construcción de las mismas, que aseguren su funcionamiento eficiente, así como los sistemas de control domótico que posibiliten al usuario la funcionalidad óptima de las viviendas y su mantenimiento.

c. Abordar el desarrollo y diseño de soluciones constructivas reales que aporten el máximo aprovechamiento energético y sean extremadamente respetuosas con el medioambiente.

A nivel Europeo y con objetivos similares se ha desarrollado el proyecto de investigación ManuBuild -"Open Building Manufacturing" fue financiado por la Comisión Europea dentro del 6º Programa Marco . A partir de abril de 2005, ManuBuild ha sido un proyecto de cuatro años que participan 24 socios de 10 países en toda Europa. Su objetivo fundamental es apuntar a un cambio radical del modelo de construcción de viviendas y entornos residenciales bajo criterios de sostenibilidad e industrialización.

El Proyecto iniciado en abril de 2005 ha desarrollado, durante un periodo de 4 años, una investigación en todos los campos de la promoción y construcción de la vivienda industrializada por componentes compatibles, con participación del usuario final desde el inicio del proceso.

ManuBuild ha trabajado en la investigación de nuevos procesos de construcción de viviendas para ahorrar en el tiempo de ejecución y en los costes. La propuesta de ManuBuild apuesta por la modulación, la industrialización y la optimización del rendimiento energético de la vivienda. La industrialización se logra por elementos compatibles, con métodos y técnicas de fácil ensamblaje que permitan montar in situ principalmente "piezas" de estas futuras viviendas que han sido producidas con todas las medidas de seguridad en fábrica o a pie de obra, reduciendo al máximo los accidentes, los escombros, el tiempo de ejecución y, con todo ello, el coste del edificio.

En marzo de 2006, la Empresa Municipal de la Vivienda y el Suelo de Madrid (EMVS) convocó un concurso restringido de ideas arquitectónicas como primer paso para la construcción de un edificio demostrador, en el contexto de la estrategia marcada por el Proyecto Integrado I+D+i.

A finales de 2006, se convocó un segundo concurso, también restringido, en el que se invitaba a un grupo de equipos españoles de reconocido prestigio, con el objeto de adjudicar el proyecto definitivo y la dirección de obra del edificio de 50 viviendas de protección pública en el PAU de Carabanchel. El objetivo perseguido por la EMVS era "construir un edificio experimental que actuase como demostrador de la operatividad y la eficacia de las nuevas soluciones constructivas. Este edificio debía ser altamente industrializado,

sostenible, flexible, personalizado para el usuario, más económico, más seguro y de menos coste en su mantenimiento que las construcciones convencionales y estar abierto, además, a las innovaciones”.

Este segundo y definitivo concurso fue fallado en enero de 2007 y ganado por el equipo RLA (Ruiz-Larrea&Asociados)

A pesar de esas estupendas intenciones, la crisis económica obligó a hacer cambios importantes con una fuerte disminución de la carga de innovación tecnológica que se pretendía en el Demostrador.

La EMVS encargó a la cátedra de "INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN", dirigida por el Prof. del Águila, el seguimiento de la obra de este edificio-demostrador, produciéndose varias visitas de alumnos de grado y de Doctorado para que se les mostrase "in situ" la evolución de las obras.



Figuras 1 y 2. Visita de obra del Edificio Demostrador ManuBuild

Al mismo tiempo, varios Equipos de alumnos facilitaron a la EMVS material gráfico obtenido en las visitas para que se incluyesen en su página web y en la del Proyecto ManuBuild.

3. El nuevo concepto de industrialización abierta.

Ante la crítica generalizada al “Método de Modelos” representado fundamentalmente por los sistemas de grandes paneles prefabricados de hormigón se produjeron dos efectos:

- Uno negativo: Desprestigio de la palabra PREFABRICACIÓN EN EDIFICACIÓN
- Otro positivo: Se dio lugar a las consideraciones de Club de Roma sobre la calidad en la vivienda.

Estableciéndose los siguientes principios:

1º Mayor valor estético en la vivienda y en los conjuntos urbanos

2º Menor peso visible de la técnica en los mismos

3º Mayor sentido social, huyendo de la masificación

4º Alejamiento de contacto entre usuario y el hormigón en interiores, al que se le considera poco “amistoso” para el ser humano (es duro, no transpira, no es confortable). Desde entonces los trasdosados a base de yeso se han vuelto prácticamente obligatorios.

Se empieza a considerar la puesta en valor de la Industrialización Abierta, como camino para llevar a cabo los principios del Club de Roma de una forma más satisfactoria que la que se podía realizar con los Sistemas Cerrados.

El empleo del concepto y la metodología propios de la Industrialización Abierta y Adaptable conlleva una serie de características intrínsecas que pueden agruparse, por un lado, en una serie de ventajas de carácter general y, por otro, en diversos aspectos económicos y tecnológicos

Las de carácter más general son: flexibilidad interior y exterior; social (por ejemplo, por una parte, la incorporación de la mujer en el trabajo y en procesos de gestión, y por otra parte, la implicación del usuario en las etapas de decisión) y, por último, el logro de un sector más sostenible contemplando todo el “ciclo de vida”.

En segundo lugar, las que reúnen una mayor carga tecnológica y económica se pueden enumerar: un mejor control de la obra; una producción adaptada a las necesidades de la obra, en lo que se denomina “just in time”; una mejor optimización y control económico y de tiempos; un mejor control de calidad; y lo que resulta no menos importante: la productividad de la mano de obra, que será más especializada, más estable, con mayor rendimiento y con unos costes salariales estables.

4. El sector de la construcción frente a otras industrias

La Industria en general tiene una serie de características que no suelen darse en el sector de la construcción. Las principales diferencias entre ambos pueden resumirse en el siguiente cuadro:

Sector de la Construcción	Otras industrias (general)
Dependiente del emplazamiento de uso	Independiente del emplazamiento de uso
Producto único. No seriado	Prototipo + Seriación
Dificultad de aplicación de procesos productivos innovadores Gran inercia en los cambios	Evolución constante de los procesos productivos Mayor facilidad de innovación
Mano de obra poco cualificada	Mano de obra especializada
Contratación temporal de la mano de obra	Operarios con puestos de trabajo fijo
Poca repercusión de la experiencia de uso para siguientes productos	Mejora continuada
Poca inversión en Investigación	Importancia de I+D+i
Menos control de la calidad	Calidad controlada

El hecho de que las características sean diferentes no significa que no sea deseable intentar averiguar la forma de mejorar este sector mirando hacia industrias que poseen un nivel tecnológico mayor y principalmente un sistema de producción flexible capaz de adaptarse a las necesidades que exige el sector de la edificación.

5. La evolución de la industria del automóvil. Los sistemas de producción flexibles.

En 1903, Frederick Winslow Taylor, en su obra "Shop Management", desarrolla su teoría de la organización científica del trabajo, cuya idea principal es descomponer las tareas y minutar las acciones de los obreros para mejorar la calidad, disminuir los costes y los plazos. Ese es el inicio del trabajo en cadena y de la producción masiva.

En 1908, Henry Ford se da cuenta de todo el beneficio que la industria automotriz puede obtener de la aplicación de estas teorías. La Ford T nace entonces de un concepto industrial: la fabricación en gran serie. Hasta en 1927, se producirán quince millones de Ford T. A partir de ese momento, y con el auge del fordismo, el taylorismo vive un desarrollo fulgurante.

A principios de la década de 1960, la economía japonesa está dominada por grupos industriales cuyas actividades automovilísticas se comparten un

mercado estrecho y el taylorismo parece inaplicable en ese país, en particular por la falta de lugar para almacenar los grandes stocks asociados a ese tipo de organización de la producción.

En Toyota, Taiichi Ohno inventa la forma de suprimir dichos stocks modificando la organización de la subcontratación y la producción, que se adapta al ritmo de los pedidos. Para suprimir el despilfarro que aumenta los costes, hay que producir únicamente lo que se ha pedido, pedir exclusivamente lo necesario y entregar los pedidos solamente cuando son útiles. El toyotismo difunde entonces con gran rapidez sus principios de "justo a tiempo" y de "flujos continuos" y sus modos de funcionamiento (por ejemplo, las etiquetas "Kanban" que precisan las necesidades de cada taller a medida que avanza la producción y que ahora aún se encuentran en todas las fábricas de automóviles).

Los sistemas de producción flexibles se caracterizan por su gran capacidad de adaptación, debido a la complejidad de la industria de sistemas o componentes constructivos, estos sistemas de producción se postulan como principal metodología a emplear adaptando un sistema de producción, creado inicialmente para la fabricación de vehículos, a la fabricación de viviendas. Estos sistemas de producción se han adaptado a otros sectores industriales y generalmente han derivado en una mejora de la competitividad de los productos.

6. Análisis de Experiencias innovadoras

En países como Japón nos encontramos con intentos actuales de aplicación de este tipo de metodologías de producción, el caso más significativo es el de la propia empresa Toyota, que fabrica las denominadas Toyota Home, en la propia fábrica se construyen los módulos tridimensionales que posteriormente son trasladados al emplazamiento definitivo de la vivienda donde se acoplan en la cimentación y entre ellos.

Una vez fabricada la estructura de cada módulo, como si de un chasis de un vehículo se tratase, pasa por una larga cadena de producción en la que se van sumando todas las partes que componen el módulo hasta su completo acabado.

En este caso se han adaptado no sólo las tecnologías más avanzadas para la fabricación de vehículos, si no que se ha replanteado la producción de la vivienda mediante la adaptación de los procesos de producción.

También en Japón debemos destacar otro tipo de viviendas, Muji lleva años vendiendo casas prefabricadas en Japón, las principales ventajas que ofrecen este tipo de viviendas son las que poseen como construcción prefabricada, un presupuesto cerrado, corto plazo de ejecución, una calidad

del producto industrial asegurada, etc. Pero además la Muji apuesta por la flexibilidad de la vivienda, desde varios puntos de vista, teniendo en cuenta las posibilidades de variación de la distribución interior y la personalización de la vivienda, exterior e interior, por parte del usuario.

A nivel europeo, no podemos dejar de nombrar las viviendas fabricadas por la multinacional Ikea, la casa Boklok, fabricada mediante módulos tridimensionales, cuyo principal objetivo es la fabricación de viviendas funcionales y de coste relativamente reducido, su tipología es distinta a las anteriormente nombradas, Boklok apuesta por tipología de vivienda colectiva y aunque su fabricación se hace mediante módulos inicialmente buscaba la construcción de los viviendas mediante la colocación de paneles bidimensionales, para facilitar su transporte, característica principal de los productos de muebles de Ikea.



Figura 3. Vivienda Ikea.



Figura 4. Vivienda Toyota.



Figura 5. Vivienda Muji

Figura 3. <http://www.boklok.com/> Figura 4. <http://www.toyotahome.co.jp/> Figura 5 <http://www.muji.net/ie/>

7. Metodología de la investigación.

Para poder evaluar la posible aplicación de sistemas de producción innovadores y analizar la viabilidad de integrarlos en la producción de viviendas, se propone la siguiente metodología que permite evaluar comparativamente distintos sistemas y componentes constructivos.

- La investigación parte del estudio de los distintos sistemas y componentes constructivos utilizados en nuestro país para edificación. El punto de partida es la información que nos proporciona la Base de Datos realizada por el SP5 del Proyecto INVISO, obteniendo los datos de partida necesarios de los distintos sistemas o componentes. La información que se recoge es la siguiente: Datos del Fabricante, Descripción del sistema, Campo de aplicación, Materiales constitutivos, Tipología, Características técnicas, Características dimensionales,

Fabricación, Puesta en obra, Documentos de calidad, Información gráfica, Datos orientativos de precio, Ejemplos de realizaciones.

- El siguiente paso es analizar, por medio un informe técnico, el estado actual de la producción de los diferentes productos, y la posibilidad de adaptación de sistemas de producción flexibles e innovadores. Este análisis puede hacer variar tanto la manera de producir como el resultado final del producto.

Se persigue no tanto la obtención de un dato concreto en forma de resultado sino el poder comparar la serie de variaciones obtenidas: poder contar con una multiplicidad de resultados, comparándolos desde sus ventajas e inconvenientes, y pudiendo, por otro lado, hacerlos variar hasta obtener objetos diferentes.

- Una vez realizado el informe y de forma independiente, evaluamos mediante un cuestionario la flexibilidad que aportaría el mismo a la construcción y uso de la vivienda la sostenibilidad - en su triple vertiente: factores ambientales, sociales y económicos- y el grado de industrialización, de cada sistema o componente estudiados. Con ello se obtiene una valoración parcial y una global del producto.

Finalmente, recalcar la relevancia de poder realizar un estudio comparativo entre los diferentes productos estudiados y además una comparativa de un mismo elemento hecho mediante procesos productivos distintos, pudiendo así demostrar la influencia de la metodología de producción en el proceso final del producto.

8. Conclusiones

Según se ha mencionado, la necesidad de un cambio en el panorama actual de construcción de viviendas, nos hace reflexionar sobre la importancia de aplicar nuevos métodos de producción y valorar la posibilidad de transferencia e integración de metodologías industriales innovadoras para la fabricación de viviendas.

La investigación en este sector esta muy por debajo de otras industrias, la industria de la automoción cuenta con una base tecnológica con un desarrollo incomparable con el sector de la edificación, la transferencia de la tecnología puede ser una ventaja para la evolución de industrialización de la edificación, pero ésta ha de hacerse teniendo en cuenta las características implícitas de cada proceso productivo.

Las experiencias estudiadas en el trabajo sobre aplicaciones de dichas metodologías nos aportan la información necesaria para sacar conclusiones sobre el futuro de la fabricación de vivienda. Una vivienda flexible, adaptable y duradera, económica, con una mayor calidad, con nuevos criterios de

sostenibilidad e industrializada se postula como principal objetivo a alcanzar.

Las empresas del sector tienen que innovar sus sistemas de fabricación y sus sistemas de montaje "in situ" para que nos den edificios que tengan la flexibilidad necesaria y respeten, durante todo el ciclo de vida, todos los principios de la sostenibilidad, incluyendo aquí los valores estéticos, arquitectónicos y medioambientales.

9. Bibliografía

DEL ÁGUILA, Alfonso. "The Adaptation of Industrialized Buildings to a Changing World". En Actas de: *16th Conference on Open and Sustainable Building*. CIB W104 y TECNALIA (pag. 32 a 39). Bilbao. Mayo, 2010.

DEL ÁGUILA, Alfonso. "Construir e innovar en tiempos de crisis". En Actas de: *III Jornada sobre Investigación en Arquitectura y Urbanismo III ·IAU I+D+i*. Junio 2009.

DEL ÁGUILA, Alfonso. "La industrialización de la edificación de viviendas". Tomo 1 (Sistemas) y Tomo 2 (Componentes). Ed. Mairea. Madrid, 2006.

GOMÉZ, I. et al. "Sostenibilidad y Optimización de la Industrialización para vivienda" En Actas de: *III Jornada sobre Investigación en Arquitectura y Urbanismo III ·IAU I+D+i*. Junio 2009.

KIERAN; TIMBERLAKE. "Refabricating Architecture: How Manufacturing Methodologies are Poised to Transform Building Construction". Ed. McGraw-Hill. USA. 2004

KRONENBURG. R. "Flexible: arquitectura que integra el cambio" Ed. Blume. 2007

MARÍN, F, DELGADO, J. "Las técnicas justo a tiempo y su repercusión en los sistemas de producción". Revista. *Economía Industrial*. VOL 331: La organización para la innovación (II). 1º bimestre, año 2009.

OTEIZA, I. et al. "Concurso de ideas INVISO 2008". Revista *Informes de la construcción*. Industrialización de la vivienda (I). Vol 60, No 512 (2008).

QUEIPO, J. et al. "Proyecto de investigación INVISO: industrialización de viviendas sostenibles". Revistas *Informes de la construcción*. Industrialización (II). Vol 61, No 513 (2009).

SCHNEIDER, T; TILL, J. "Flexible housing". Ed. Elsevier. 2007.

VEGA, R et al. "Comparative assessment of the sustainability of industrialized construction systems" En Actas de: *16th International Conference on "Open and Sustainable Building*. Bilbao, Spain. May 17-19, 2010.