

Por la industrialización de la vivienda aquí y ahora

Julián SALAS

Dr. Ing. Ind., Investigador del ICCET – CSIC.

RESUMEN: El trabajo plantea el análisis de las posibilidades de utilización intensiva, en España y en un futuro inmediato, de la construcción industrializada de viviendas de interés social a base de elementos, componentes y subsistemas industrializados de procedencias diversificadas, como posible salida —desde el punto de vista tecnológico— de la situación de crisis actual, capaz de hacer frente al modelo utilizado en la última década en la que construir una vivienda equivalía a: dos empleos-año, de los que el 80% del tiempo eran horas trabajadas en “in situ”; tasas de siniestralidad inaceptables (254.746 siniestros en el año, 306 mortales); volúmenes de desechos y escombros superiores a 30 Tn por vivienda; más de 30 horas de trabajo por metro cuadrado construido.

El autor apuesta por una industrialización no utópica del mayor número de “elementos funcionales” de la vivienda y el edificio, como vía para: consolidar y ampliar el sector productivo industrial actual; rebajar el tiempo total de ejecución de las obras y en especial los tiempos “in situ”; reducir en forma drástica el número de accidentes laborales y minimizar los residuos y desechos de construcción.

El trabajo presenta un conjunto de reseñas de actividades y realizaciones recientes, algunas en ejecución, que apuntan desde la práctica en la dirección propugnada.

DESCRIPTORES: Vivienda. Industrialización. Innovación tecnológica. Sostenibilidad. Tipos de viviendas. Programas de investigación.

I. DESPUÉS DE “LA BURBUJA DEL LADRILLO”... ¿OTRA TECNOLOGÍA CONSTRUCTIVA?

No era fácil explicar lo que pasaba durante el último lustro en el sector de la edificación en España. Imposible si se intentaba ante colegas de otros países. ¿Cómo lo hacen para construir 800.000 viviendas por año? ¿Casi 20 nuevas viviendas por cada mil habitantes?... ¡No puede ser! ¿Y las construyen artesanalmente?. Pues sí, con mano de obra inmigrante, ladrillo a ladrillo, y *utilizando procesos artesanales sin*

artesanos... El modelo tecnológico español de edificación causaba perplejidad entre los técnicos del entorno.

El peso de la construcción alcanzó (2007) el 17,9% del PIB nacional y suponía el 13% del empleo total del país, 2,6 millones de empleos directos en el sector. Construir una vivienda equivalía a: dos empleos-año, de los que el 80% del tiempo eran horas trabajadas en “in situ”; tasas anuales de siniestralidad inaceptables (254.746 siniestros, 306 mortales); volúmenes de desechos y escombros superiores a 30 Tn por vivienda; más de 30 horas de trabajo por metro

e-mail: julian.salas@ietcc.csic.es
I.P. del Proyecto de Investigación 25.900-6 financiado por el Ministerio de Vivienda

¹ Se sugiere a los interesados en el tema los contenidos de

los dos últimos números monográficos coordinados por el arquitecto OTEIZA (2008 y 2009). Parte del editorial del n° 513, con autoría del firmante de este trabajo, se recoge en este apartado.

cuadrado construido;... Y esto, en un sector que por “méritos” propios, está bajo sospecha a nivel mundial, con datos comprometedores por las emisiones que la vivienda genera a lo largo de su ciclo de vida y por su abusiva explotación de recursos. El sector construcción consume el 50% de los recursos mundiales y ocasiona aproximadamente la mitad de las emisiones que provocan el calentamiento global. Se trata de la actividad menos sostenible del planeta. El peso se relaciona directamente con el transporte (a más peso, más emisiones de CO₂) y con la cantidad de energía consumida, por ello, la levedad está en alza y cuenta a favor de ciertos tipos de industrialización, destacando los sistemas y procedimientos más ligeros por metro cuadrado construido. Pero no olvidemos que Fuller ya apostaba en los años 30 por la levedad de las construcciones, afirmando que cuanto más ligero fuera un edificio, más eficiente sería.

Mientras el desarrollo tecnológico de la edificación en España vegetaba en “la burbuja”, países de nuestro entorno, racionalizaban sus procesos avanzando sobre los resultados de proyectos de I+D+i en: componentes industrializados; mejora de prestaciones y servicios de las viviendas; mayor eficiencia energética; adaptación a rigurosas normas medioambientales; viviendas “cero-emisivas”; calidad del aire interno... Aquí no se escatimaba presupuesto para consentir formas arriesgadas o inmensos balcones de aire en las periferias urbanas... Mientras, se minimizaba la financiación a proyectos de investigación aplicada o para la realización de viviendas-piloto experimentales. Sin duda, estaríamos en mejor situación al salir de la burbuja, si hubiésemos realizado anualmente ¡una vivienda experimental por cada 1.000 construidas!... En mejores condiciones de afrontar otro modelo de producción del hábitat: para minimizar la accidentabilidad laboral; reducir el tiempo de trabajo total y especialmente el realizado “in situ”; reducir residuos y desechos; conseguir acabados más durables; emplear materias primas y componentes constructivos menos depredadores; ejecutar viviendas fácilmente adaptables a la diversidad de usos durante su vida útil; facilitar la accesibilidad... conoceríamos el grado real de aceptación/rechazo de las viviendas “mínimas”, también de las más grandes pero inacabadas

(planificadamente mejorables), de las crecederas, de las autoconstruidas...

¿Pero dónde están las raíces de tanto despropósito? Tiene que haber una lógica, que a buen seguro no es de índole técnico-constructivo, de lo que se ocupa este trabajo. Las razones germinales parecen agazaparse al final del proceso, en la composición del precio final de venta, en la diferencia real, a la que Machado aludía, para no confundir entre valor y precio. Pensemos, que de cada diez euros pagados por una vivienda “social” en las periferias de nuestras grandes ciudades, más de tres se destinan a retribuir el “suelo urbanizado”, otros tres para “lo que no es ni suelo ni construcción”, y tan sólo, los restantes menos de tres euros para la construcción... No le falta razón a los “Poceros” de turno en su lógica: ¿Para qué la tecnología? ¿Para que la investigación?... en este negocio no necesitamos de la técnica, siempre y cuando podamos seguir con nuestras “operaciones de suelo” y construyendo artesanalmente sin artesanos.

2. LOS TÉCNICOS ESPAÑOLES ANTE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA EDIFICIACIÓN

Al inicio del proyecto de investigación en curso, financiado por el Ministerio de Vivienda, que realizamos en el ICCET – ETSAM con el título:

“Investigación aplicada para facilitar e incentivar mediante recomendaciones prácticas la industrialización de procesos de construcción de viviendas de promoción pública a base de elementos, componentes y subsistemas innovadores de mercado, preferentemente con Documento de Idoneidad Técnica”,

se procedió a consultar a una amplia muestra representativa de profesionales, conformada por 48 técnicos de empresas constructoras y productoras, docentes, técnicos de proyecto, investigadores... afines con los procesos de industrialización de la construcción, sobre sus opiniones respecto a las dos ideas-fuerza que siguen. Ideas, que corresponden a otro momento —cinco lustros atrás— y otro contexto, Francia:

“...Sin tambores ni trompetas, los industriales, proporcionando a las empresas constructoras

componentes de edificación, han iniciado y ganado una revolución industrial de envergadura, que alcanza hoy día su pleno desarrollo: no buscar más a la industria, ella está presente aquí, por todas partes". PLATZER (1984), mantenía estas ideas

"¿La industrialización abierta? ¿Qué es eso? ¿Quizás los concursos de paneles de fachadas, ventanas, puertas, etc.? Nadie ha podido utilizarlos. No han servido para nada. Cada arquitecto quiere diseñar su "truco", quiere su panel para él... para que esa industrialización proporcione una arquitectura bella, es preciso que los arquitectos dominen los procesos". PROUVÉ (1979).

El conjunto de las 88 respuestas recibidas se analizaron por el Equipo del Proyecto, valorando cuantitativamente el "grado de importancia" de cada respuesta y al "grado de acuerdo" o de identificación que le otorgaban a las ideas-fuerza preseleccionadas. La evaluación cuantitativa se realizó mediante la asignación a las dos propuestas, de tres posibles niveles de calificación:

muy importante y/o muy de acuerdo;
medianamente importante y/o medianamente de acuerdo; poco importante y/o poco de acuerdo.

Resultado del proceso seguido con la intención de plasmar el "estado del arte" conceptual mediante las respuestas aportadas por los encuestados fue un "Decálogo de Prioridades", del que

reproducimos seguidamente las cinco ideas que se centran más directamente en lo que de forma laxa podríamos denominar "industrialización de la edificación" y que se recogen en forma de Tabla (Fig. 1).

3. NUEVAS CONDICIONES DE CONTEXTO DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA VIVIENDA

Adoptaremos en este trabajo la terminología dominante en industrialización de la construcción que recientemente adoptaba el CIB (Grupo TG 57) estableciendo dos categorías, en función del lugar en el que se realizan o producen las partes sustantivas del edificio:

- a) *Industrialización on-site*, se refiere a la aplicación de herramientas y tecnologías avanzadas utilizadas "in situ", tales como: posicionamiento mediante herramientas GPS, empleo de unidades de prefabricación pesada "3D", identificación de elementos mediante códigos de barras, suministros "just-in-time", encofrados trepadores, elevación por bombeo del hormigón, aplicaciones robotizadas de acabados, etc.
- b) *Industrialización off-site*, basada en la asunción de que estas construcciones deben realizarse en su mayor parte en plantas de producción. El objetivo último

Fig. 1. Algunos aportes conceptuales de técnicos españoles sobre la industrialización de la edificación

1. En tiempos de crisis como la presente, hay que prepararse para un futuro más industrializado, hay que plantearse nuevas formas de construcción. los innovadores encontrarán mejores oportunidades... el modelo de crecimiento español de los últimos años ha sido "el más insostenible de la ue" y la edificación se ha caracterizado por: la creación artificial de suelo; emisiones excesivas de gei; empleo de tecnologías importadas; consumo indiscriminado de energía cara, y se ha ejecutado con procesos tradicionales.
2. Los "técnicos" (arquitectos / ingenieros) han de involucrarse más en los procesos de industrialización mediante un mayor conocimiento de las nuevas técnicas vigentes e innovadoras para lo que se sugiere intensificar su difusión.
- [...]
4. El reto está en conseguir una industrialización abierta capaz de producir series pequeñas de calidad mediante una estrecha colaboración entre industriales y proyectistas. Estamos hablando esencialmente de la compatibilidad entre subsistemas, componentes y elementos de procedencias distintas.
5. La rehabilitación de viviendas, puede llegar a suponer un volumen de obra equivalente al de vivienda nueva, por lo que debería tenerse en cuenta su importancia de cara a propiciar procesos específicos de industrialización.
- [...]
10. La realidad ha impuesto, aquí y ahora, una "especie" de industrialización abierta, espontánea, sin normas ni incentivos.

Fuente: Tomado del Proyecto en ejecución ICCEF - ETSAM: "Investigación aplicada para facilitar e incentivar mediante recomendaciones prácticas la industrialización de procesos de construcción de viviendas de promoción pública a base de elementos, componentes y subsistemas innovadores de mercado, preferentemente con Documento de Idoneidad Técnica", financiado por el Ministerio de Vivienda (MV 25900-6).

es conseguir un cambio radical capaz de proporcionar un nuevo tipo de viviendas construidas mediante elementos prefabricados unidos in situ, dispuestos para entrar directamente en uso.

El trabajo SALAS & *al.*, (2009) de búsqueda de una metodología para medir el “*Grado de industrialización*”² de edificios y/o proyectos de viviendas, ha profundizado en tres posibles líneas conceptuales para establecer dicha medición cuantitativa:

- a) La repercusión presupuestaria de las partidas de obra industrializadas (“off site”) sobre el total;
- b) Los tiempos consumidos en la ejecución, discriminando entre “on site”, “off site” y “tiempos totales”;
- c) La cuantificación de residuos y desechos generados.

Nos decantamos por la primera alternativa, desarrollada hasta traducirla en herramienta operativa, entendiendo que las dos restantes —en el momento presente— pueden tener una utilización correctora u orientativa que complemente la cuantificación del *Grado de industrialización* calculado. Se detectan claras posibilidades de transformar las dos vías complementarias enunciadas: Repercusión de tiempos consumidos en la ejecución y volumen (peso) de residuos generados, de forma tal, que puedan ser instrumentos metodológicos de utilidad para matizar el “*Grado de industrialización*” como método de medición de una *industrialización sostenible* (propiciatoria del ahorro de tiempo “in situ” y de residuos de construcción).

En el trabajo se ha optado como pertinente a los efectos y objetivos del mismo, la descomposición porcentual de costes medios de los “*elementos funcionales de obra*” —vivienda y edificio— resultado del trabajo de síntesis que se ha realizado sobre siete propuestas de descomposición de costes vigentes en España que se enumeran a pie de página³.

Estereotomía de la vivienda y aproximación a la repercusión económica de los componentes (MOYA, 2007).

El sector construcción genera leyes sutiles, no explícitas, que actúan como filtros de posibles soluciones que desde distintos orígenes se proponen al mercado de la vivienda. Es por ello, que en el caso de los *componentes*, parece lógico tratar de cuantificar aunque de forma porcentual y orientativa, el orden de magnitud de la repercusión de cada familia de componentes sobre el costo de construcción de las viviendas y/o edificios, lo que equivale a una parcelación del mercado en tantos segmentos como elementos funcionales fuese posibles materializar con componentes de mercado.

Hemos de prevenir al lector de que los resultados cuantitativos que presenta la FIG. 2, se toman de un trabajo realizado hace demasiados años (SALAS & *al.*, 1991), algo más de dos décadas, por lo que en modo alguno se proponen como soporte sobre los que adoptar decisiones o deducir conclusiones⁴. La FIG. 2 distingue entre cinco elementos funcionales del *edificio* y seis de la *vivienda*. Por simple acuerdo, se entenderá como *vivienda* únicamente el conjunto de espacios y órganos que quedan tras la puerta de acceso a la misma, siendo el resto partidas imputables al *edificio*.

² Entendiendo por *Grado de Industrialización* el que propone y justifica el autor en el trabajo recientemente realizado en el ICCET, julio 2009, con la colaboración de los arquitectos Israel Pablo Camps y Silvano Medélez en el marco de la Tarea 1.6 del Proyecto INVISIO con el título: *Estudio para la definición de la evaluación del grado de industrialización en la construcción de viviendas sostenibles*.

³ Base de Precios de la Construcción BEDEC del ITeC de Cataluña; Base de Datos de la Construcción BDC del ITG Galicia; Cuadro de Precios Centro 2008 del COAAT de Guadalajara; Base de Costes de Construcción de Andalucía BCCA, de la COPT y Base de Precios de la Construcción de la Comunidad de Madrid (B2007) y Bases de Precios del IVE de Valencia.

⁴ Se presentan estos resultados a modo de orientación. Si se incluyen, es por varias razones: los resultados se expresan en valores porcentuales sobre el coste total de construcción de las

viviendas (mucho menos sensible a las variaciones que en el caso de que fuesen valores absolutos); las variaciones en las tipologías de viviendas predominantes —cercasas a lo que hoy tratamos como viviendas de tamaño reducido— no se han visto sometidas a alteraciones, ni bruscas, ni sustantivas; finalmente, porque conseguir una muestra tan extensa como la que dio origen a los valores que se presentan no es baladí: 26.249 viviendas ejecutadas en 20 provincias españolas, que reunían las condiciones de ser promociones subvencionadas de más de cien viviendas cada una.

Por tratarse de valores porcentuales, se estima que, pese al tiempo transcurrido, las diferencias respecto de la situación actual, se intuyen escasas. Resulta previsible un crecimiento relativo de la repercusión de los elementos funcionales «equipos del edificio» y «equipo de la vivienda», así como de la «cocina y baño», pero en conjunto, el esquema empleado y los resultados, hoy, nos parecen de interés.

FIG. 2. Repercusión en el presupuesto de construcción de los diferentes “elementos funcionales de una vivienda tipo en 1986”

Elementos funcionales del edificio y de la vivienda	Vivienda tipo (*): – Vivienda en «bloque puntual», de ocho plantas, con cuatro viviendas por planta, superficie útil de 70 m ² , dos ejes de simetría, tres dormitorios, estar-comedor, baño y cocina. – Repercusión porcentual sobre el total del presupuesto de construcción.
1. Excavaciones y cimentaciones	1,96
2. Cubierta	2,26
3. Estructura (jácenas, pilares, muros y escaleras)	9,96
4. Equipo del edificio (instalaciones generales comunes)	1,13
5. Vestíbulo, acceso y ascensor	4,97
Edificio	20,28%
6. Elementos horizontales	16,85
7. Elementos verticales interiores	21,39
8. Elementos verticales exteriores (carpintería incluida)	14,03
9. Equipo de la vivienda (instalaciones individuales, carpintería interior)	11,72
10. Terrazas, lavaderos y trasteros	3,34
11. Cocina y baño	12,39
Vivienda	79,72%
Totales	100,0%

(*) La selección de las viviendas-tipo fue resultado del trabajo tipológico antes enunciado y la valoración se hizo siguiendo la metodología desarrollada por el Profesor Noel, conocida globalmente como «Procedimientos para la Apreciación Rápida de Costes»

Fuente: (SALAS & al., 1991).

En la FIG. 3 se realiza una presentación de los valores medios de la repercusión actualizada (2005 a 2008) y sistematizada de los elementos funcionales de obra de realizaciones recientes, calculados según las “Bases de Precios” enumeradas anteriormente. La FIG. 4, recoge los resultados de las FIGS. 2 y 3 en un intento de mostrar en forma gráfica las variaciones porcentuales —lo que proporciona una mayor validez que los valores absoluto— de las variaciones en las repercusiones de los distintos “elementos funcionales de obra”, en dos momentos bien distantes y diferentes, separados por algo más de dos décadas: mediados de los ochentas (FIG 2) y 2006 a 2008 (FIG. 3).

En un primer análisis visual de la FIG. 4 pueden deducirse algunos hechos significativos de lo ocurrido en los procesos constructivos y en la evolución de la importancia económica de los “elementos funcionales de obra” en ambos momentos:

- A. Se detectan incrementos muy notables en las repercusiones de los “elementos funcionales”: *Excavaciones y cimentaciones*, pasando de representar el 1,96% al 8,81%; *Equipo del edificio* que pasa del 1,13% al 7,42% y finalmente, los *Equipos de la vivienda* que pasa del 11,72% al 16,38%.
- B. Se detectan descensos muy significativos en las repercusiones de los “elementos funcionales”: *Elementos horizontales*, que pasa de representar un 16,85% al 13,25% y el más que importante descenso, el de los *Elementos verticales interiores*, que suponía un 21,39% y disminuye hasta un 12,52%.

De la FIG. 3, puede deducirse, que los “elementos funcionales” de obra más susceptibles de ser objeto de soluciones industrializadas, por su mayor repercusión en el presupuesto final de construcción, son:

- Equipo de la vivienda (instalaciones individuales incluida la carpintería interior)..... 16,38%
 - Elementos verticales exteriores (incluida la carpintería)..... 14,19%
 - Elementos horizontales..... 13,25%
 - Elementos verticales interiores 12,52%
 - Cocina y baños..... 10,19%
- Que llegan a representar un total del 66,53%**

Fig. 3. Repercusión Porcentual Actualizada de los diferentes “elementos funcionales” sobre el Total del Presupuesto de Construcción

Valores porcentuales medios actualizados conforme a los criterios adoptados en la referencia (MOYA, 2007) elementos funcionales	% del total
1. Excavaciones y cimentaciones	8,81%
2. Cubierta	2,79%
3. Estructura (jácenas, pilares, muros y escaleras)	8,84%
4. Equipo del edificio (instalaciones generales comunes)	7,42%
5. Vestíbulo y accesos, ascensor	4,55%
Edificio	32,37%
6. Elementos horizontales	13,25%
7. Elementos verticales interiores	12,52%
8. Elementos verticales exteriores (carpintería interior, incluida)	14,19%
9. Equipo de la vivienda (instalaciones individuales, carpintería interior)	16,38%
10. Terrazas, lavaderos, trasteros	2,47%
11. Cocina, baño	10,19%
Vivienda	69,00%
Total	100,00%

Fuente: El autor con la colaboración de la Arquitecto GUADALUPE GÓMEZ.

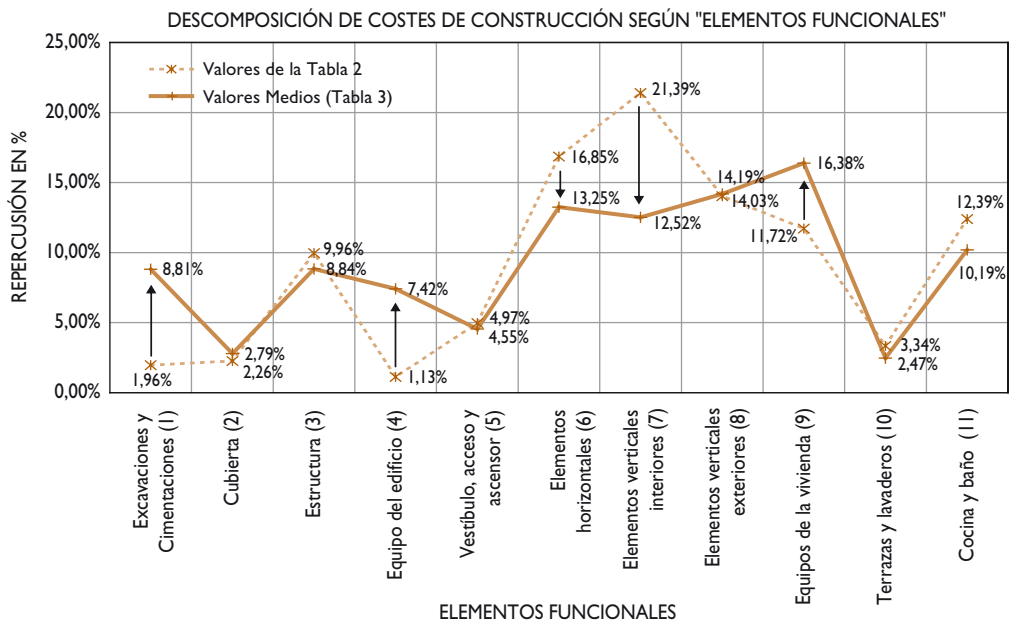


Fig. 4. Representación de los valores medios porcentuales recogidos en las Figs. 2 y 3

Fuente: El autor con la colaboración de la Arquitecto Guadalupe GÓMEZ.

Del análisis de los cinco “elementos funcionales de obra” con mayor repercusión presupuestaria, puede deducirse que los “elementos verticales exteriores”, “elementos horizontales” y “elementos verticales interiores” son los más apropiados para presentar *soluciones compactas industrializadas de mercado*, mientras que los “equipos de las viviendas” y las “cocinas y baños” son más propensas a soluciones que requieren la intervención de diferentes empresas, e incluso sectores de producción distintos, dando lugar a *soluciones industrializadas difusas o por agregación*.

4. CORRELACIÓN ENTRE GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN Y RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN

Se intuye, por simple lógica constructiva, una clara relación entre *Grado de industrialización* de proyectos y realizaciones de viviendas en forma de una función o algoritmo que relacione la cuantificación de los “residuos de construcción” (en adelante RC) de las obras. El autor formuló de forma hipersimplificadora el tema enunciando que:

“...el grado de industrialización de la ejecución de una realización de viviendas era inversamente proporcional al peso de desechos y residuos que salían de la misma a lo largo del proceso de construcción...” (SALAS, 1987)

Mucho se ha avanzado desde entonces en la valorización e importancia de los RC, también en España con el Real Decreto 105/2008, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción, pero no lo suficiente como para disponer de unas bases cuantitativas fiables y extensas que permitan formular una propuesta de *Grado de industrialización* basado en la cualificación de los desechos.

Del trabajo JAILLON (2009) se toman seguidamente algunos datos y criterios de interés, en especial por la escasa información cuantitativa que se publica sobre el tema. Según los autores del trabajo referenciado, una encuesta entre profesionales experimentados y estudios realizados sobre proyectos recientes de edificios completos: los resultados revelaron que la reducción de residuos de la construcción es uno de los

principales beneficios al usar prefabricación en comparación con la construcción convencional. El nivel promedio de reducción de pérdidas fue de alrededor del 52%. Esto implica que el uso más amplio de la prefabricación podría reducir considerablemente la generación de residuos de la construcción en Hong Kong y aliviar las cargas asociadas a su gestión.

Aún teniendo muy presente que el caso de Hong Kong es muy singular, por el problema de la escasez de espacios físicos en los que depositar los desechos, resulta llamativo que:

“...la reducción de desechos de construcción es uno de las mayores ventajas que aporta el empleo de la prefabricación respecto de la construcción tradicional y que la reducción de dichos desechos puede ser del orden del 52%”.

Por otra parte, la USGBC (2003) asegura que:

“...En los EE.UU., los edificios consumen alrededor del 37% de la energía total, el 68% de la electricidad, el 12% del abastecimiento de agua dulce, el 88% de los suministros de agua potable y el 40% de las materias primas utilizados (USGBC, 2003). La conservación de los recursos y la reducción de residuos son factores cada vez más importantes de la construcción sostenible. La minimización de los residuos es un proceso que evita, elimina o reduce los residuos en su origen o permite el reuso o reciclado de residuos destinados a propósitos benignos. La reducción desde el origen en la construcción de edificios nuevos implica tanto al diseño como a los conceptos y tecnologías de construcción y selección de materiales (JAILLON, 2009). La prefabricación ha sido identificada como una solución para reducir los residuos que se planteen durante las fases de diseño y construcción.”

Se recoge seguidamente, la traducción literal de las tres conclusiones del trabajo referenciado, (USGBC, 2003) por su coincidencia con las propuestas que aquí se formulan:

1. “La prefabricación es una posible solución a las causas principales de crecimiento de residuos durante los procesos de diseño y construcción. La prefabricación también contribuye a otros beneficios en obra como la mejora del control de calidad, un ambiente de trabajo más seguro y ordenado, mejora del rendimiento medioambiental y reducción

de los requerimientos en tiempo y actividades de trabajo.

2. La reducción de los residuos puede ser uno de los mayores beneficios del uso de métodos prefabricados en comparación con la construcción tradicional. En base a los casos estudiados, el promedio del nivel de reducción de residuos fue del 52% cuando se empleó construcción prefabricada, y se pudo conseguir una reducción del 70% de los encofrados. Estas cifras alcanzan niveles de reducción del 70% y el 77% respectivamente en proyectos de viviendas públicas.
3. La reducción de los niveles de residuos es en general más alta en el sector público, con un promedio del 57%. En los proyectos de vivienda pública, las técnicas de prefabricación están integradas con el uso de sistemas de encofrados y diseños de edificios estandarizados. Los resultados también muestran que otros factores como la incorporación de planes de control de residuos pueden influir en la reducción del nivel de residuos en obra.”

A grandes rasgos y de forma concisa, concluimos en base a nuestra experiencia, que los edificios construidos con elementos industrializados pueden beneficiarse al presentar, en parte, algunas de las siguientes características:

1. El montaje de elementos industrializados será más simple y directo que la resolución de idénticas partidas mediante procesos tradicionales;
2. Disminuirá el número de ajustes en obra especialmente en los casos de montaje en seco;
3. Al aumentar el porcentaje de acabados incorporados a los componentes o subsistemas industrializados, disminuyen en forma sensible los residuos en obra;
4. La llegada de la industria a la obra, generalmente supone estrategias de montaje, procedimientos, métodos, herramientas y equipos específicos, evitando en gran medida fallos, roturas o daños que ocasionen mermas en los elementos;
5. La carencia de programación rigurosa de obra, intrínseca a los procesos tradicionales, suele suponer cantidades más que

apreciables de pérdidas por materiales que llegan a obra fuera de plazo;

6. Las roturas durante el transporte y manipulación disminuyen sensiblemente cuando se emplean protecciones y embalajes propios de la industria.

Por lo tanto, con carácter no dogmático, parece plausible afirmar que el grado de industrialización influye en el volumen de escombros y desechos generados, o bien, que a menor cantidad de residuos y desechos en construcción mayor será el grado de industrialización de la realización.

5. TENDENCIAS HACIA LA INDUSTRIALIZACIÓN AQUÍ Y AHORA

Aquí y ahora, se cuenta con propuestas de interés que en muchos casos no llegan a materializarse en resultados de escala sustantiva. Se aprecia un tímido acercamiento del sector empresarial a los grupos de I+D+i, que se concreta en tres Proyectos de Investigación y Desarrollo subvencionados por los Ministerios de Ciencia e Innovación y de Industria (Proyectos Singulares y Estratégicos como INVISO⁵, CETICA y HABITAT 2030).

En España el grado de industrialización de la construcción de viviendas puede calificarse globalmente de bajo, aún siendo cierto que los componentes prefabricados de hormigón se han implantado en todo el país, y en muchos casos, con niveles de calidad realmente encomiable. Las técnicas avanzadas de hormigón “arquitectónico” o de “prefabricación singular por encargo” son práctica frecuente y de muy alto nivel tecnológico.

El prototipo demostrativo REYES (2008) conformado por cinco viviendas transformables “Domino 21” dirigido por el arquitecto Reyes se ejecutó como sistema a base de componentes compatibles (“3D”), en sólo 15 días y se desmontó en 7 días. Su instalación y posterior desinstalación, tuvo lugar en octubre de 2004, con motivo de la celebración de la feria de construcción CONSTRUTEC’04 en el patio central de IFEMA de Madrid.

⁵ Proyecto Singular Estratégico: “Optimización de la Producción de Viviendas Sostenibles (INVISO)” Financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia, propuesto el año 2007. Ver en

el número 512 de Informes de la Construcción, IETCC dic. 2008, páginas 71 a 86 una reseña parcial de los proyectos ganadores del Concurso de Ideas INVISO 2008.

La empresa “Modultec Modular Systems”, dedicada a construcción a base de elementos “3D” conformados por estructuras de acero construye escuelas y centros de salud con buenos niveles de calidad. Los elementos se producen íntegramente en fábrica, donde previamente se comprueba el ensamblaje de todas las unidades volumétricas, antes de su transporte al lugar de su instalación. Una experiencia interesante fue la construcción de su primer edificio industrializado entre medianeras. La instalación de seis plantas de setenta metros cuadrados cada una, se realizó en cuatro noches en pleno centro del casco histórico de Gijón.

Reseñables por sus aportes tecnológicos notables y también como ejemplos de colaboración universidad - empresa son los prototipos de vivienda solar de la Universidad Politécnica de Madrid (ETSAM-UPM), presentados en los “Solar Decathlon 2005 y 2007”, un Concurso internacional organizado por el Departamento de Energía de Estados Unidos. En este concurso participan universidades de EEUU y dos universidades Europeas, la UPM y la Universidad de Darmstadt, mediante la presentación del diseño y construcción de un prototipo de vivienda autosuficiente energéticamente, dotada con el mayor número de tecnologías que maximicen la eficiencia energética. El objetivo del concurso es promover la investigación y construcción de viviendas unifamiliares autosuficientes, viviendas ecológicas que generen tanta energía como la que consumen a lo largo de su ciclo de vida. Este concurso se realizará en España el próximo 2010, donde se realizará una versión europea del mismo (Ver FIGS. 5 y 6).

Reseñable por sus soluciones prefabricadas y por el tamaño de la realización, 156 viviendas sociales para alquiler, que se construyen actualmente en Mariturri, Zabalzana (Vitoria). Puede que sea la primera promoción residencial pública con estructura industrializada y prefabricada de vigas y pilares de hormigón de España. Se trata de una realización promovida por el Gobierno Vasco (VISESA), con proyecto y dirección del estudio Pich-Aguilera. Se trata de una edificación de ocho plantas, con estructura de hormigón prefabricado, un intento de industrialización abierta a base de componentes de diferentes procedencias. (ver FIGS. 7 y 8).

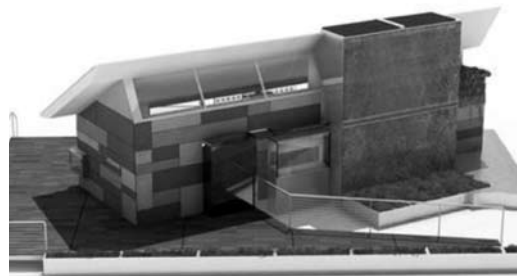


FIG. 5 y 6. Prototipos de viviendas presentados por la ETSAM – Universidad Politécnica de Madrid a los concursos “Solar Decathlon” de los años 2005, Magic Box y 2007 Solar House, respectivamente

Fuente: “Proyecto Decathlon” ETSAM-UPM.



FIG. 7. Etapa de trabajos de acabados en la realización del conjunto de 156 viviendas industrializadas en Vitoria – Gasteiz del Plan Director de Vivienda del Gobierno Vasco, VISESA, a base de bloques de 8 plantas, bajo y ático

Fuente: Equipo de Arquitectura Pich-Aguilera.



FIG. 8. Detalle de la fachada prácticamente finalizada (2009), conformada por 800 paneles con 12 geometrías diferentes y tres soluciones de fijaciones

Fuente: Equipo de Arquitectura Pich-Aguilera.

Especialmente interesante es el proyecto ganador del Concurso Internacional Manubuild (www.manubuild.org) propuesto por el arquitecto RUIZ LARREA & *al.*, (2008), y que dará lugar a la construcción de un edificio demostrativo promovido por la Empresa Municipal de Vivienda y Suelo de Madrid. Basado en industrialización abierta, la solución hará uso de componentes suministrados por diferentes fabricantes y casi todos se montarán en seco sobre una estructura ligera y prefabricada de pilares y vigas tubulares de acero, placas alveolares de hormigón pretensado y componentes tridimensionales o “pods” técnicos y de servicio. El cerramiento o fachada de tipo ventilado, también consiste en un sistema industrializado que permite la personalización de las diferentes soluciones

Sin ánimo, en modo alguno, de ser exhaustivo ni discriminador, se presentan seguidamente otras aportaciones muy recientes, que en opinión del autor merecen figurar entre las que favorecen el imparable proceso de industrialización de un sector muy lastrado en la aplicación de nuevos avances tecnológicos.

5.1. Concurso de ideas para la industrialización de la vivienda (2008)

Como una actividad del Proyecto de Investigación “Industrialización de Viviendas Sostenibles (INVISIO)” (OTEIZA & *al.*, 2008), el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (ICCET-CCSIC) como coordinador científico de la misma, planteó un “Concurso de Ideas” entre profesionales de la edificación. Este concurso tuvo por objeto proponer soluciones que pudieran estar relacionadas con alguno de los aspectos de la promoción, el diseño y la ejecución de viviendas, que facilitasen la industrialización de su proceso constructivo, y que incorporasen la consideración y el fomento de su sostenibilidad, desde su producción hasta su uso e incluso su deconstrucción.

Los dos temas fundamentales objeto del Concurso fueron:

La **industrialización** entendida, a los efectos del Concurso, como una aproximación a la producción industrial habitual en otros sectores productivos, pero en forma acorde con las singularidades propias de la vivienda como producto prácticamente singular y condicionante en la vida de las personas y de las familias.

La **sostenibilidad**, por su parte, que se ocupa, tanto de los materiales y productos que se empleen para la ejecución de las viviendas, como del proceso de ejecución, uso y mantenimiento, facilitando la consecución del menor consumo de materiales y energía, el máximo confort, así como su posible recuperación total o parcial mediante procedimientos de desmontaje (“deconstrucción”).

Al concurso se presentaron 24 propuestas con una pléyade de ideas novedosas de interés. El Jurado conformado al efecto adjudió el Primer Premio a la propuesta “*PLUG-IN: Proyecto para la industrialización de la vivienda sostenible*” de la que se reproducen algunos esquemas en las FIGS 9 y 10. El equipo autor del trabajo estaba conformado por Rafael García Guridi, Cristina Tartás, Jesús Guardiola, Alejandro García G. y Miguel Ortega.

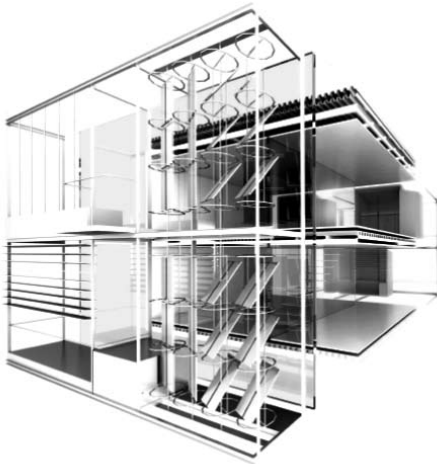


FIG. 9. Reproducción de la portada de “Informes de la Construcción” en la que se reproduce un esquema significativo de la propuestas “PLUG-IN” ganadora del Concurso de Ideas para la Industrialización de la Vivienda (INVISO), presentada por Rafael García Guridi, Cristina Tartás, Jesús Guardiola, Alejandro García G. y Miguel Ortega

Fuente: Equipo Ganador: PLUG-IN.

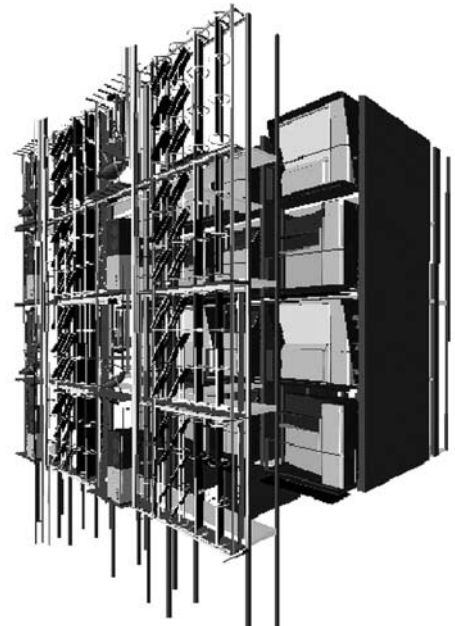


FIG. 10. Detalle de la propuesta “PLUG-IN” basada en componentes y subsistemas de mercado, para realizaciones prácticamente “en seco” a base de “mochilas tecnológicas” de gran contenido innovador, que pretenden industrializar los elementos funcionales de instalaciones de vivienda y edificio

Fuente: Equipo Ganador: PLUG-IN.

5.2. “Casa Barcelona 2009”

La “Casa Barcelona 2009” (PICH-AGUILERA & BATLLE, 2009) se presentó, según sus autores, como una realidad constructiva que pretendía ser un ejemplo operativo e innovador para la vivienda colectiva de nuestro tiempo, abarcando todo el espectro que va desde los sistemas técnicos emergentes, hasta los nuevos usos requeridos por la sociedad contemporánea. El Equipo de Arquitectura Pich-Aguilera se propuso con su realización, incorporar la producción industrial y la sensibilidad ambiental en la edificación, concretadas en cuatro vectores principales:

- La vivienda colectiva como fabricación de componentes reciclables;
- La vivienda colectiva como infraestructura habitada;
- La vivienda colectiva como producción de territorio natural;
- La vivienda colectiva como productora de

energía y gestora de los recursos naturales.

En las FIGS 11 y 12 se presentan dos momentos de la realización de la “Casa Barcelona 2009” en el interior de CONSTRUMAT 2009 en la que intencionadamente se incorporaron elementos, componentes y subsistemas constructivos de muy diferentes procedencias, tipos de industrias y diversidad de materiales: módulos estructurales tridimensionales ligeros (SEIS); Placas alveolares pretensadas (Pujol); Paneles de fachada a base de GRC (SEIS); Cubiertas ecológica aljibe (Intemper); Filtros solares y célula fotovoltaicas (Technal); Subsistemas de gestión centralizada de energía (Leako); Sistemas centralizados de geotermia (Rehau); Equipos de reciclaje de aguas grises (Hansgrohe); Iluminación de bajo consumo (Led-à-porter); Muros-estanterías (Frapont); Espacios intermedios (Gradhermetic), Tabiquería móvil (Acústicos)...



FIG. 11. Sistema estructural a base de elementos prefabricados (pilares, losas aligeradas pretensadas y paneles) montados prácticamente "en seco", que conforman la "Casa Barcelona 2009" en el interior de CONSTRUMAT

Fuente: Equipo de Arquitectura Pich-Aguilera.



FIG. 12. Prototipo en uso de la "Casa Barcelona 2009" conformada por la concurrencia de una decena de diferentes tipologías de componentes industrializados y de subsistemas constructivos de alto contenido tecnológico, con proyecto del "Equipo de Arquitectura Pich-Aguilera"

Fuente: Equipo de Arquitectura Pich-Aguilera.

5.3. Concurso de Innovación Técnica INCASOL

El Institut Català del Sòl —INCASOL (AVELLANEDA & *al.*, 2009)— es el principal agente de promoción de vivienda de protección social de la Generalitat de Catalunya. Desde hace tiempo actúa como destacado impulsor de la innovación tecnológica en la construcción de viviendas. El 2007 convocó un "Concurso de Innovación Tecnológica" cuyo principal objetivo era incorporar mejoras en la construcción de viviendas, concretamente en lo referente a calidad, seguridad, control en la ejecución, sostenibilidad y eficiencia energética, y eficacia en la promoción.

Los objetivos específicos del Concurso figuraban en la convocatoria en los siguientes términos:

- Ofrecer a las empresas y profesionales que han trabajado y elaborado sistemas constructivos o modelos de construcción industrializados, la posibilidad de aplicarlos en la construcción de vivienda pública.
- Promover el trabajo conjunto de proyectistas y constructores con la finalidad de optimizar los procesos constructivos y los plazos de ejecución.
- Garantizar, con la incorporación del sistema industrializado, un estándar de

calidad tanto en el producto final como durante el proceso de ejecución.

- Facilitar la posibilidad de repetición del sistema constructivo innovador en un futuro, si se considera adecuado.

El resultado del concurso consistió en la adjudicación de seis proyectos y obras de construcción, por un total de 261 viviendas, en seis solares, en diferentes municipios. Según los autores del trabajo referido, "...es un buen reflejo de la situación actual de la construcción industrializada en España. Los sistemas seleccionados abarcan un amplio espectro que va desde la construcción ligera a base de paneles sándwich portantes, armados con perfiles de chapa de acero y fabricados en un pequeño pero eficiente taller, hasta la construcción pesada de módulos de hormigón fabricados y acabados totalmente en una nave industrial, pasando por los sistemas modulares de estructura de acero construidos totalmente en seco o los sistemas de paneles de hormigón armado de tamaño medio, o de grandes encofrados, que se repiten sistemáticamente en cada planta. Estos nuevos sistemas no sólo compiten económicamente con la construcción más convencional sino que ofrecen además una construcción fiable tanto desde el punto de vista de la calidad de la vivienda fabricada, de los plazos de ejecución a cumplir así como de la reducción de residuos de obra y de fábrica".



FIG. 13. Momento del montaje de 26 viviendas industrializadas de alquiler para jóvenes en Callús, resultado del Concurso de Innovación Técnica, INCASOL, de la Generalitat de Cataluña, realizadas con el sistema constructivo TECCON con empleo de paneles de entramado a base de perfiles de chapa de acero galvanizado

Fuente: TECCON.

5.4.- La industrialización en las promociones de la Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid (MONTES & al., 2008)

Resulta loable la labor en pro de la industrialización de los procesos de construcción que lleva a cabo la EMVS, pese a las no pocas dificultades que conlleva su ejecución en la práctica, por no pocas razones: el propio aparato de gestión del programa, la normativa vigente, los técnicos de proyecto, las empresas suministradoras y en no pocas ocasiones; los adjudicatarios de las viviendas... todo un catálogo de trabas que no hacen fácil avanzar en los procesos de industrialización mediante elementos, componentes y subsistemas constructivos. No obstante, la EMSV cuenta con numerosas realizaciones en las que los procesos de racionalización de la ejecución y/o la incorporación de elementos, componentes y subsistemas industrializados son una realidad, particularmente en la realización industrializada de dos “elementos funcionales”: los elementos verticales exteriores y la estructura portante con o sin elementos horizontales —forjados— industrializados. No obstante, en las realizaciones que se comentan se plasma la importancia que ha tenido contar con una normativa propiciadora de los procesos de industrialización desde la EMSV así como con el impulso de equipos de proyecto realmente involucrados en el tema.

De las 24 realizaciones, que suponen un total de 2.433 viviendas, recogidas en el interesante trabajo promovido por la EMSV: “Industrialización en las promociones de la EMVS de Madrid: 24 ejemplos significativos”, y realizado por Montes & Camps & Trabada, la mayoría se han centrado en la industrialización prácticamente integral de dos, y en pocas ocasiones tres, de los siguientes “elementos funcionales” cuyos valores generales—medios tomamos de la FIG. 14:

FIG. 14. Elementos funcionales

– Elementos verticales exteriores (carpintería interior, incluida).....	14,19%
– Elementos horizontales.....	13,25%
– Estructura (Jácenas, Pilares, Muros y Escaleras).....	8,84%

En conjunto, se trata de realizaciones, que unas más que otras- han supuesto una importante aportación de la industrialización “off site” aunque denotan, en prácticamente todas, vacíos de soluciones industrializadas de las instalaciones del edificio y de las viviendas. A modo de ejemplo hemos seleccionado dos realizaciones, por entender que, aquí y ahora, obtendría un “Grado de Industrialización” relativamente elevado en comparación con lo que sería la media de las realizadas en todo el país.

- Conjunto “Sanchinarro 12” conformado por 170 viviendas VPT, proyecto de Burgos y Garrido Arquitectos Asociados, en el que se empleó una estructura metálica industrializada dentro de una trama estructural racional y sistematizada. En cuanto a la fachada, se planteó un intenso intercambio de colaboración con la fábrica de paneles de hormigón, llevando al desarrollo de piezas particularmente adaptadas, así como un esfuerzo de resolución del mayor número de piezas y elementos de cerrajería en taller. La cubierta se trata como una quinta fachada metálica que recorre todo el lomo y se hace vertical. El testero Norte mantiene la chapa grecada, mientras que el testero Sur se resuelve con una celosía prefabricada en taller. (Ver FIGS. 15 y 16).



FIG. 15. Vista general de la realización “Sanchinarro 12” promovida por la EMVS en la que destacan las fachadas a base de franjas continuas de elementos prefabricados de hormigón tratado mediante estrias verticales y coloración intensa

Fuente: EMVS, I. P. CAMPS.



FIG. 16. Detalle de los paneles del testero Norte de la torre de diez plantas a base de paneles metálicos

Fuente: EMVS, I. P. CAMPS.

- El Conjunto **“Carabanchel 20”** conformado por 102 viviendas VPP, proyecto de E. Borrego, N. Montenegro y L. Toro, se resuelve básicamente con la repetición de sistemas constructivos estandarizados en los que sobresalen elementos “3D” en voladizo resueltos mediante elementos metálicos ligeros. La racionalidad del proceso permitió un ritmo de ejecución de una vivienda / día. En la fachada Norte los elementos de hormigón se acaban con pintura y los dormitorios en voladizo se revistieron con chapa galvanizada perforada a modo de fachada ventilada. (Ver Figs. 17 y 18).

La EMVS, ha acometido puntualmente algunas realización cuya singularidad ha sido

la innovación en la dotación de servicios e instalaciones industrializadas, que como ya se ha dicho en varios momentos de este trabajo es el punto más débil de la industrialización total de la vivienda. Por su singularidad, se reseña la realización **“Lope de Vega 10”** que se trata de una rehabilitación entre medianeras en el centro de Madrid, en la que se han empleado soluciones industrializadas de fachadas a base de paneles cerámicos y ha propiciado la instalación de un aparcamiento robotizado —cuatro niveles bajo rasante— que conlleva una estructura especial, así como escaleras prefabricadas en el patio interior montadas en seco. (Ver FIG. 19).



FIG. 17. Vista desde el patio interior de la fachada en la que destacan los volúmenes en voladizo del conjunto “Carabanchel 20”

Fuente: EMVS, I. P. CAMPS.

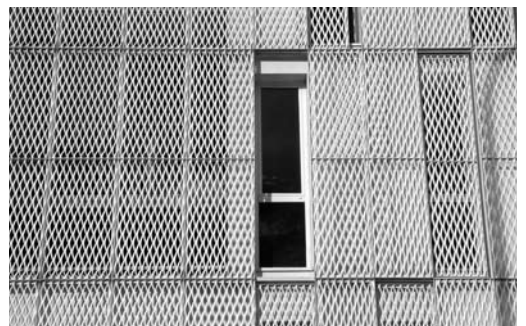


FIG. 18. Detalle de la utilización de paneles móviles a base de metal “deployé” que cubren toda la fachada suroeste de los edificios proporcionando el sombreado de los mismos

Fuente: EMVS, I. P. CAMPS.



FIG. 19. Detalle de los mecanismos de elevación y recorrido bidireccional del sistema de aparcamiento “robotizado” utilizado en el edificio entre medianeras rehabilitado en la calle Lope de Vega 10 conformado por 12 viviendas VPO

Fuente: EMVS, I. P. CAMPS.

6. A MODO DE CONCLUSIONES

En la industria, los objetivos del rancio taylorismo propios de la producción masiva (*mass production*), de los que resultaban series grandes de elementos normalizados rigurosamente idénticos, han evolucionando gracias a los procesos de producción modernos apoyados en la informática. La investigación se centra hoy en procesos productivos automatizados mediante líneas de producción flexibles que permitan introducir variaciones -incluso durante la fabricación de los componentes- actuando sobre la cadena de producción en forma

distinta para cada proyecto diferente. La denominada *mass-customization* que en versión libre nos atreveríamos a traducir como “producción masificada a medida”, proporciona una producción en serie y personalizada del producto final, con prestaciones que se adaptan a los requerimientos específicos de cada usuario, dando lugar a la personalización de los procesos industriales.

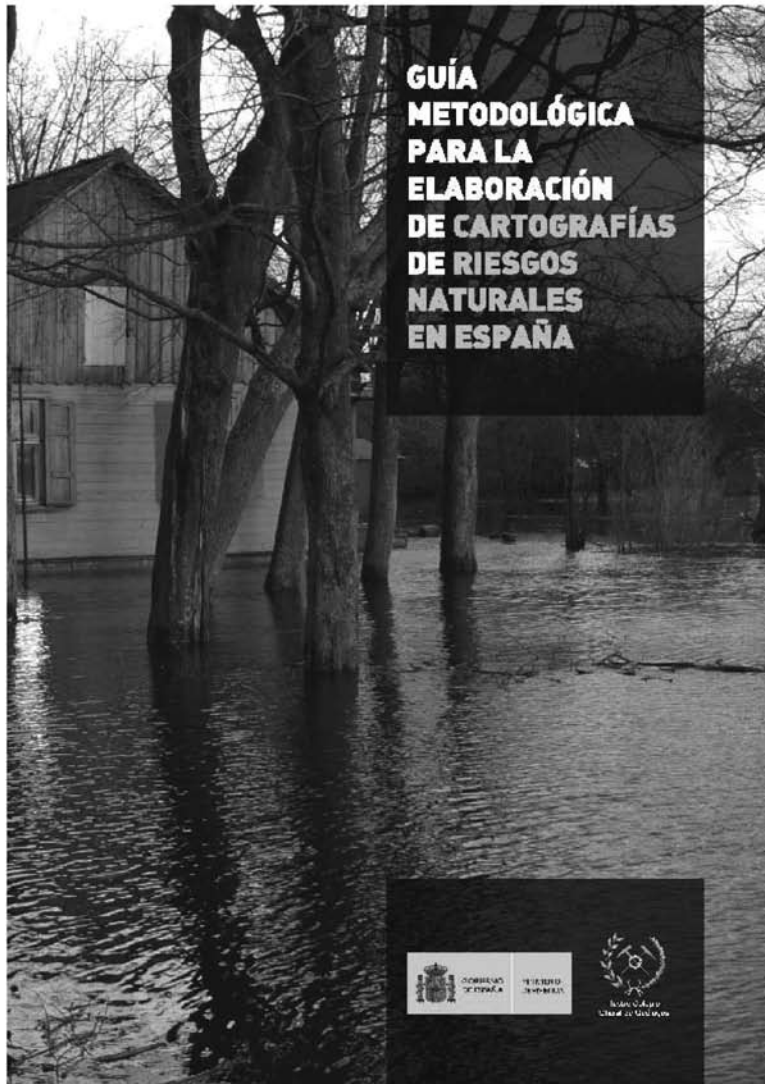
Se constata, pese a la libertad a ultranza de mercado, que el impulso necesario para incrementar la industrialización de la construcción necesita del apoyo de la Administración(es). La correcta dosificación de la regulación e intensidad del apoyo resulta clave. En nuestra percepción, el protagonismo de la Administración(es) en el proceso ha de ser “sutil”, es decir, ni tan involucrada que atosigue llegando a la asfixia de la capacidad creativa del sector, ni tan leve que su participación no consiga ganar el interés de los empresarios al no percibir las ventajas de contar con sus directrices o incentivos en materia de I+D+I, (Investigación, Desarrollo e Innovación), programas empresariales y estatales, realizaciones piloto, apoyos a la investigación finalista, discriminación positiva de su empleo en promociones oficiales, formación de tercer ciclo...

Como principales grandes objetivos o móviles hacia los que enfocar los esfuerzos de la construcción del futuro, suelen aparecer: mejorar la calidad, agregar valor para los usuarios, reducir el coste y los períodos “in situ” de mano de obra cualificada... y en el sentido opuesto, se enuncian como principales barreras para la industrialización: el conservadurismo del sector, los derivados de las culturas locales y la oposición de los arquitectos. El proceso de “industrialización abierta” se debate ante enfrentamientos añejos: procesos de innovación o productos innovadores; producción *off-site versus* construcción *on-site*; sistemas innovadores frente a los tradicionales existentes, etc.

Finalmente, resta expresar la identificación del autor con el resumen de ideas-fuerza que conforman la FIG 1.

Nueva publicación del **Ministerio de Vivienda**

Guía metodológica para la elaboración de cartografías de riesgos naturales en España



Guía de referencia que cubre las técnicas y métodos cartográficos de aquellos riesgos de mayor relevancia y los que representan ejemplos más didácticos para el lector.

21x30 cm, 187 pp.
Distribución Ministerio de Vivienda