

## 156 Viviendas Industrializadas en Vitoria-Gasteiz

### *156 Industrialized houses in Vitoria-Gasteiz*

J. J. López del Corral\*

#### RESUMEN

Durante el año 2004, VISESA convocó una **Beca de Investigación sobre Estructuras Industrializadas en Edificios de Vivienda Colectiva**. Fue desarrollada por el equipo Pich-Aguilera y se concluyeron una serie de desajustes actuales en el sector (en concreto en los campos energético, social y económico) que podrían solucionarse con sistemas industrializados.

- Análisis de sistemas valorados en la Beca:

- Paneles de fachada.
- Sistema entramado (esqueleto de pilares y jácenas).
- Sistema tridimensional (paramentos, cajas o módulos).
- Sistema mixto (esqueleto, placas y módulos).

- Análisis de posibilidades de contratación, asociaciones y empresas valorados en la Beca.

- Análisis comparativo realizado en la Beca entre una obra industrializada y otra tradicional.

Una vez completada la fase de la Beca de Investigación y disponibles los datos teóricos y las conclusiones, a la vista también de la línea estratégica de industrialización indicada en el Plan Director de Vivienda del Gobierno Vasco y en los Planes Estratégicos y de Gestión de VISESA se contacta con los industriales de hormigón de la CAPV y CA limítrofes para contrastar la viabilidad industrial para acometer un proyecto edificatorio concreto. Tras realizar este contraste se amplía la Beca de Investigación a la Redacción de un Proyecto arquitectónico concreto: 156 VVSS en Parcela RC.33 del Sector 6 de Zabalana. Vitoria-Gasteiz cuyas principales características son:

- B+8+Ático, lo cual supone duplicar la altura hasta ahora conseguida en España con sistemas isostáticos de hormigón.
- Estructura y cerramientos industrializados (pilares de 3 plantas, pórticos isostáticos rigidiza-

#### SUMMARY

*In 2004, VISESA announced a Grant for Research on Industrialized Housing Structures that was awarded to the Pich-Aguilera team. Their survey identified a series of energy-related, social and economic aspects in modern construction that could be optimized by system industrialization.*

- Systems assessed in the survey:

- Facade cladding.
- Frame (columns and beams).
- Three-dimensional aspects (horizontal/vertical surfaces, standard rooms, modules).
- Composite construction in frame, cladding and modules.

- Analysis of construction contracting, associations and companies.

- Comparative analysis of industrialized and traditional construction.

*Taking the theoretical data and conclusions of the survey funded by the grant as a basis, and in light of the industrialization strategy laid down in the Basque Country Regional Government's Housing Guidelines and VISESA's Strategic and Management Plans, concrete manufacturers in the Basque Country and surrounding autonomous communities were contacted to determine the industrial feasibility of a specific construction project. With these findings in hand, the research grant was extended to include a specific architectural design: 156 housing units on lot RC.33 in Sector 6 at Zabalana, Vitoria-Gasteiz, whose main characteristics are:*

- G+8+penthouse, doubling the height of isostatic concrete buildings erected in Spain to date.
- Industrialized structure and enclosures (3-storey columns, isostatic portal frames stiffened with steel tie rods and slab topping).

- dos con tirantes metálicos y capa de compresor por forjado.
- Cubierta metálica curvada y uniones entre pilares con elementos metálicos (tornillos alta resistencia).
- Se industrializa el sistema constructivo (proceso), no sólo como suma de elementos, con minimización de consumo de material y energía, incremento de garantías sobre acabado final, mejora en condiciones de trabajo y seguridad en la obra.

Se cierra el proyecto de ejecución (PICH-AGUILERA y estructura de BOMA) con soluciones constructivas NO vinculadas a patentes concretas y se adjudica la obra a la unión de las empresas CONSTRUCCIONES SUKIA y NORTEN PH.

La obra finalizará a mediados de 2009. Se plantea simultáneamente un estudio comparativo (Colaboración PICH-IMAT) entre dos promociones del mismo sector con el siguiente alcance: análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales.

Se dispone ya de los primeros resultados que se recogen en el artículo, estando a la espera de cerrar todas las conclusiones una vez disponibles los datos definitivos tras finalizar la obra.

La industrialización en hormigón no es la única vía sino una más (en hormigón -lineal, tridimensional, mixto- y en acero). Además hay otras soluciones de industrializar partes del proceso (ej. encofrados).

Las estructuras industrializadas en edificación residencial estoy convencido de que pueden y deben seguir un camino similar al de la edificación industrial (naves industriales hoy son de acero o de hormigón prefabricado), técnicamente es posible.

Se han organizado visitas técnicas a la obra por grupos de 10 personas habiendo visitado la promoción casi 600 personas.

195-15

**Palabras clave:** industrialización, proceso, hormigón, colaboración.

- Curved steel roof and steel joints between columns (high strength bolts).
- Industrialized construction system (process), not only as the sum of elements, but minimizing material and energy consumption, raising the guarantee of final finish quality and improving working conditions and site safety.

*The construction design (PICH-AGUILERA and structure by BOMA) was concluded with construction solutions NOT dependent upon specific patents; the works were awarded to the joint venture formed by CONSTRUCCIONES SUKIA and NORTEN PH.*

*Construction will be completed in mid-2009. A comparative study was also conducted (by PICH in conjunction with IMAT) of two developments in the same sector. The scope was as follows: comparative analysis of two residential buildings, one industrialized and the other built with traditional construction systems, using real site data.*

*The preliminary results are discussed in this article. The final conclusions will be drawn after the works are completed.*

*Concrete industrialization (linear or three-dimensional) is one of a number of possible alternatives (composite and steel construction). Other parts of the process can also be industrialized (formwork for instance).*

*Residential building structures can and should, in the author's opinion, adopt the pattern used in commercial building (today's industrial bays are made of steel or precast concrete), for this is technically possible.*

*Work site visits have been organized for groups of ten architects and engineers; to date nearly 600 have visited the development.*

**Keywords:** industrialization, process, concrete, partnering.

---

\*Director Técnico de VISESA. Vitoria-Gasteiz (España)

Persona de contacto/Corresponding author: [juanjo@visesa.com](mailto:juanjo@visesa.com) (J. José López del Corral)

## 1. DATOS GENERALES

- Promoción de 156 VVSS en Zabalgana. Vitoria-Gasteiz, promovidas por VISESA (VIVIENDA Y SUELO DE EUSKADI, S.A, empresa pública dependiente del Departamento de Vivienda y Asuntos Sociales del Gobierno Vasco).
- Se trata de un único edificio con 2 sótanos de garaje y 9 plantas de vivienda formado por 3 bloques que forman una "U", el central de 86 m de longitud por 12 m de fondo.
- Como objetivo de partida se planteaba la búsqueda de la mayor industrialización posible sobre y bajo rasante: cerramientos de fachada, estructura completa (prefabricación de todos los pilares, jácenas, forjados y escaleras).

## 2. CRONOGRAMA DEL PROYECTO. LA BECA DE INVESTIGACIÓN COMO PRIMER PASO

- En el año 2004, VISESA publica una Beca de Investigación sobre Estructuras Industrializadas en Edificios de Vivienda Colectiva.
- Desarrolla la Beca el equipo Pich-Aguilera realizando un completo estudio teórico sobre:
  - Situación actual de la edificación industrializada con sistemas pesados
  - Análisis de sistemas de prefabricación
  - Contratación, asociaciones y empresas
  - Comparativo en planning, costes, seguridad y ambiental
  - Estudio de promociones existentes

### Principales conclusiones de la beca sobre la situación general actual del sector

- El sector construcción en España es uno de los mayores de la UE.
- Basado en la subcontratación (servicios y trabajadores).
- Completamente fragmentado.
- Metodologías y técnicas arcaicas y poco especializadas.
- Alta fluctuación del sector, que depende de ciclos políticos y económicos.
- Inestabilidad de precios de mercado.
- Precariedad laboral y altos índices de siniestralidad.
- Falta de visión global, problemas de gestión y planificación en las obras.
- Escasa inversión en I+D+i.
- Alto impacto ambiental y consumo de energía.

### Principales conclusiones de la beca sobre los desajustes actuales del sector

- ENERGÉTICO: a nivel de energía consumida y emisiones de CO<sub>2</sub> y reciclabilidad.

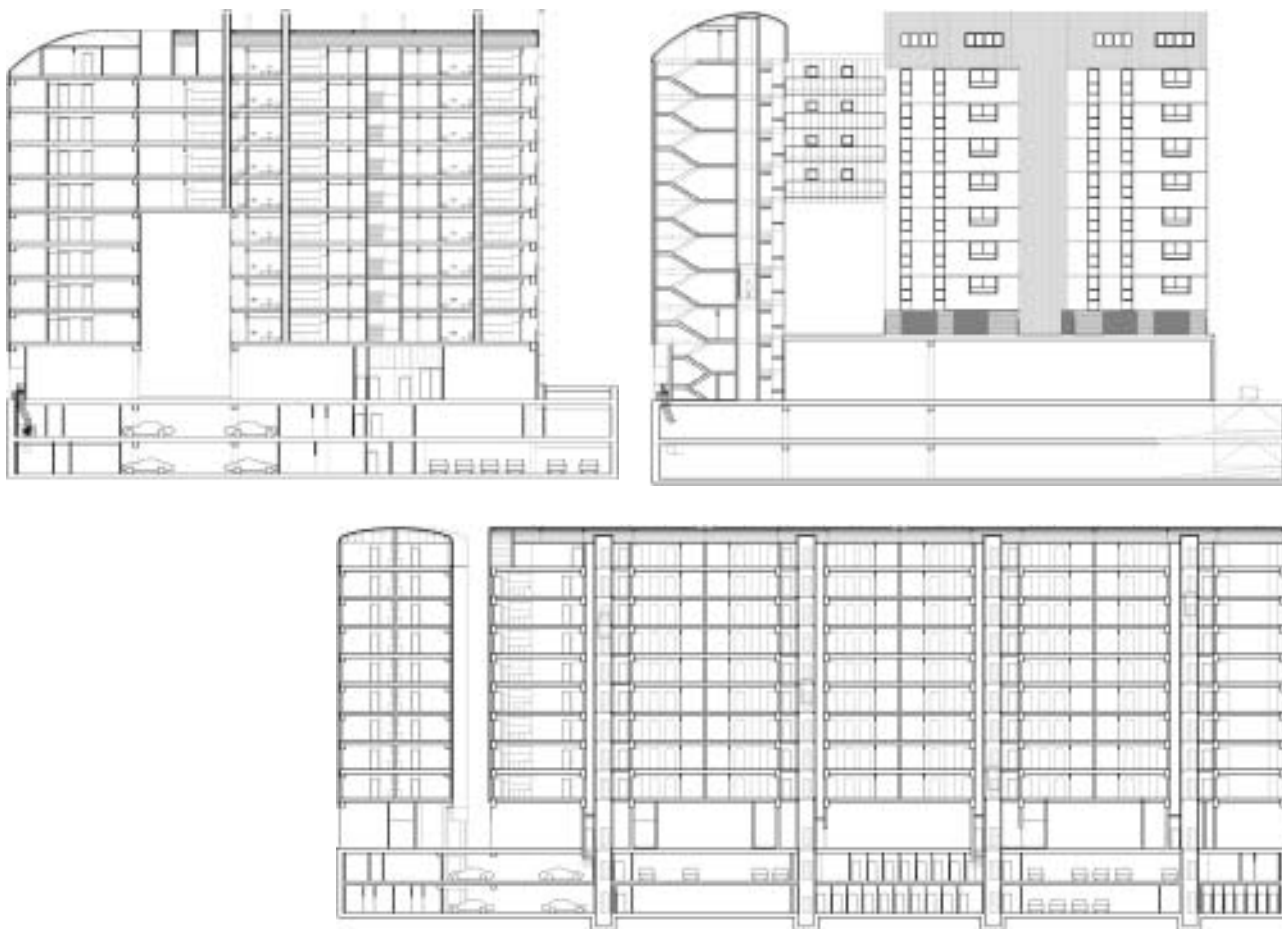
- SOCIAL: a nivel de cualificación escasa para actuales procesos constructivos con sistemas básicos, precariedad laboral endémica, subcontratación en cadena, fragmentación del sector en pequeñas empresas sin volumen ni estructura mínima ni necesidad de I+D+i.
- ECONÓMICO: a nivel de costes de construcción elevados, descompensados respecto a IPC, al arbitrio de la disponibilidad de mano de obra.

### Qué aporta la industrialización a estos desajustes

- ENERGÉTICO: la producción de componentes en fábrica permite una mejor ges-



1. Planta tipo, pórtico, fachada sur y tipología.



2

2. Secciones.

- ción de los recursos aplicados y un mayor reciclaje.
- SOCIAL: mejora de entorno laboral para los trabajadores, más seguro físicamente, más estable, con mayor ámbito de aprendizaje y promoción laboral y profesional.
  - ECONOMICO: en reducción de costes ampliando la calidad, ventajas de agrupación y concentración de empresas y ratios de aplicación de componentes industrializados acotados por el radio de transporte desde fábrica.

Quando nos disponemos a hablar de Industrialización, lo hacemos no sólo pensando en Prefabricación, en la medida que afecta a estructuras productivas, eficiencia de procesos, no tanto de limitación a unos reducidos catálogos.

Hablamos de flexibilizar, seriar, ensamblar, montar, fabricar, optimizar recursos y procesos, aprovechar la industria actual, lanzarle nuevos retos y necesidades, innovar, procesar, planificar.

Con el dato de partida de 2003 de que la industria de prefabricados de hormigón era líder en la UE con una facturación de 3.245 millones de euros y una producción de 12 millones de toneladas según la patronal

ANDECE (Asociación Nacional de prefabricados y Derivados del Cemento).

**Análisis de sistemas valorados en la beca**

**Paneles de fachada. Ventajas generales**

- Paneles de gran formato que optimizan su fabricación y colocación
- Paneles de espesor mínimo
- Paneles de máxima precisión en dimensiones, aristas y chaflanes
- El cerramiento pasa por delante de la estructura y posibilita un aislamiento continuo
- Solución integral y homogénea de fachada
- Menores tiempos de ejecución
- Menor riesgo en ejecución
- Evita trabajos auxiliares de albañilería
- Concentra la mano de obra en taller
- Evita creación de dinteles en precaria situación de equilibrio
- Menos juntas, por lo tanto menos posibles humedades
- Evita fisuras por falta de elasticidad en las entregas
- Garantiza la durabilidad y uniformidad del acabado
- Se analizan 5 promociones realizadas con este tipo de fachada en Barcelona, Sabadell, Terrassa, San Feliú de Llobregat y Madrid.





3

### Sistema entramado (esqueleto de pilares y jácenas)

- Sistema integral compuesto por pilares, jácenas, placas alveolares y paneles de fachada, todos industrializados
- Limitación (en aquel momento, de plantas en altura a B+5, aunque en Zabalzana hemos llegado a B+9 plantas y 2 sótanos, todo en isostático)
- Necesidad de espacio para montaje y transporte en alrededores a la obra.

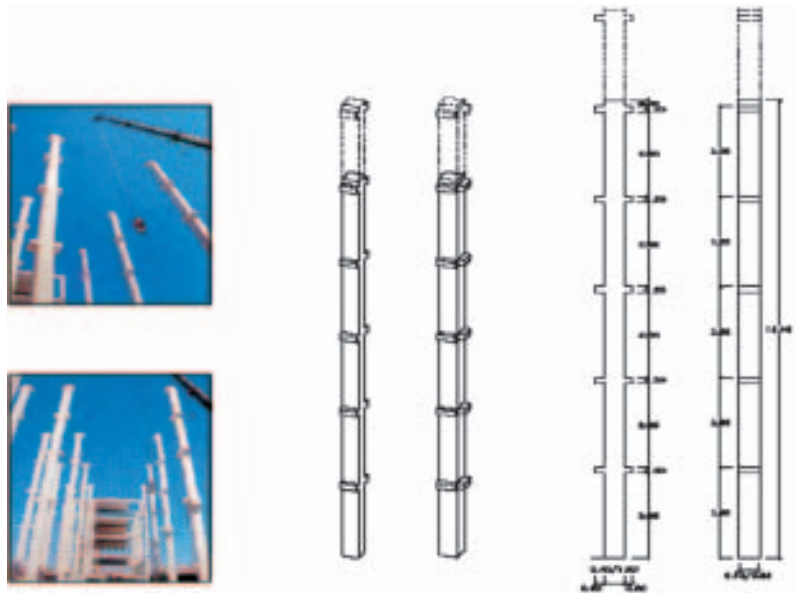


### Sistema tridimensional (paramentos, cajas o módulos)

- Placas o paneles con módulos tridimensionales de hormigón.
- Ligado a patentes u homologaciones de fabricantes (existen en fábrica y en obra, piezas, moldes, etc.).

### Sistema mixto (esqueleto, placas y módulos)

- Sistema combinado compuesto por elementos estructurales lineales (pilares, jácenas, placas alveolares y paneles de fachada) con módulos tridimensionales de hormigón
- Los módulos tridimensionales favorecen la rigidez hiperestática y los elementos lineales favorecen la flexibilidad. Se analizaron también varios proyectos de investigación existentes financiados por la Comisión Europea.



4

### Análisis de posibilidades de contratación, asociaciones y empresas valorados en la beca

- Se comparan ambos en un proceso tradicional (concurso, proyecto básico, proyecto de ejecución, licitación, adjudicación y obra) con varias variantes posibles en un proceso industrializado dando más peso en la definición final del proyecto al industrial

### Análisis comparativo realizado en la beca entre una obra industrializada y otra tradicional

- PLAZOS: se concluye una ventaja teórica

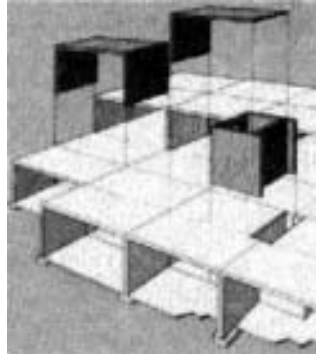
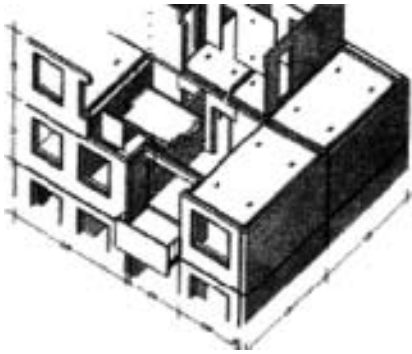
del 50% en los plazos en estructura y fachadas

### Análisis comparativo realizado en la beca entre una obra industrializada y otra tradicional

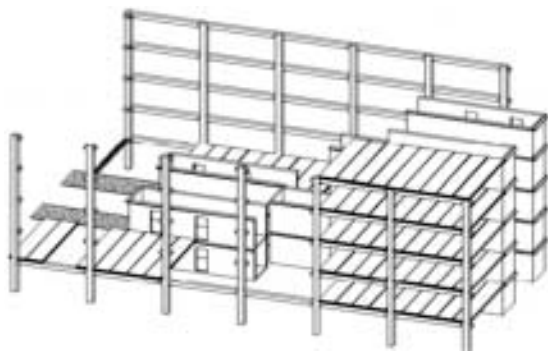
- COSTE: no se observa ventaja económica directa con el tejido industrial y competencia disponibles a día de hoy. Se analiza una promoción concreta con ambos sistemas y, en teoría, el coste (Presupuesto de Contrata) a día de hoy; para esa promoción se estima en un 10% superior con una serie de condicionantes en función de los vaivenes de mercado, haciendo que el dato sea una estimación inicial.

3. Paneles de fachada.

4. Sistema estructural.



5



6

5. Sistema tridimensional.

6. Sistema mixto.

### Análisis comparativo realizado en la beca entre una obra industrializada y otra tradicional

– SEGURIDAD: se concluyen grandes ventajas en:

- Seguridad personal en taller
- Obra
- Procesos y manipulación optimizados
- Personal especializado
- Reducción de cargas manuales
- Herramientas
- Encofrados, apuntalados
- Restos, alambres
- Mayor orden, planificación.

### Análisis comparativo realizado en la beca entre una obra industrializada y otra tradicional

– AMBIENTAL: se comparan varios aspectos:

- Incrementos de cemento (0-5%/m<sup>3</sup> de hormigón)
- En áridos un 15% más de arena y 12,5% menos de gravas
- Reducciones en acero (35-40% menos en pilares y un 75% menos en placas alveolares respecto a un reticular)

- Aditivos, líquidos desencofrantes y dosificación controlados
- Mayor rentabilidad de moldes (media de 5 años de vida útil)
- Distancias óptimas de transporte de 50 km (8 m<sup>3</sup>/viaje superior a hormigonera de 6 m<sup>3</sup>/viaje), con máximo de 350 km (cada litro de gasoil consumido contamina 2,28 kg de CO<sub>2</sub>)
- Elementos de seguridad en transporte de madera con mayor reutilización
- Menor generación de residuos de encofrados, restos de armadura o alambre, aguas residuales en prefabricados (54 l/m<sup>3</sup>) controlados, menores pérdidas de hormigón (en in situ hay pérdidas de material entre un 5-10%, alrededor de 200 kg/m<sup>3</sup>)
- Posibilidad de recuperación de piezas ensambladas en casos de demolición.

### 3. CRONOGRAMA DEL PROYECTO. LA PROMOCIÓN CONCRETA, EL PROYECTO Y LA EDIFICACIÓN

Una vez completada la fase de la Beca de Investigación y disponibles los datos teóricos y las conclusiones, a la vista también de la línea estratégica de industrialización indicada en el Plan Director de Vivienda del Gobierno Vasco y en los Planes Estratégicos y de Gestión de VISESA, se contacta con los

industriales de hormigón de la CAPV y CA limítrofes para contrastar la viabilidad industrial con el fin acometer un proyecto edificatorio concreto.

Tras realizar este contraste se amplía la Beca de Investigación a la Redacción de un Proyecto arquitectónico concreto: 156 VVSS en Parcela RC.33 del Sector 6 de Zabalzana. Vitoria-Gasteiz, cuyas principales características son:

- B+8+Atico
- Estructura y cerramientos industrializados (pilares de 3 plantas, pórticos isostáticos rigidizados con tirantes metálicos y capa de compresor por forjado)
- Cubierta metálica curvada y uniones entre pilares con elementos metálicos (tornillos alta resistencia)
- Se industrializa el sistema constructivo (proceso), no sólo como suma de elementos, con minimización de consumo de material y energía, incremento de garantías sobre acabado final, mejora en condiciones de trabajo y seguridad en la obra.

Se cierra el proyecto de ejecución (PICH-AGUILERA y estructura de BOMA) con soluciones constructivas NO vinculadas a patentes concretas (equilibrio entre lo suficientemente abierto al mayor número posible de empresas pero bastante acotado para un proyecto de ejecución) NI dirigidas a empresas concretas. Se requería en el Pliego de Condiciones colaboración (no relación de contrata-subcontrata) entre el CONTRATISTA y el INDUSTRIAL.

A finales de 2006 se saca la primera fase de licitación, que incluía:

- Movimiento de tierras
- Cimentación
- Estructura
- Cubierta
- Fachadas

A pesar de que una docena de empresas estudian el proyecto, se recibe UNA ÚNICA OFERTA realizada por la unión de las empresas CONSTRUCCIONES SUKIA y NORTEN PH.

Se sacan unas primeras conclusiones sobre el procedimiento de licitación, se comprueba la capacidad técnica real de que el adjudicatario pueda acometer el proyecto y se mantienen varias reuniones de concreción del proyecto (planning detallado, proceso edificatorio, etc.).

Se plantea simultáneamente un estudio comparativo (Colaboración PICH-IMAT) entre dos promociones: 156-126 con el siguiente



7

7. Análisis comparativo realizado en la beca entre una obra industrializada y otra tradicional. Plazos.

8. Análisis comparativo realizado en la beca entre una obra industrializada y otra tradicional. Coste.



8

alcance: análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales.

- Requerimientos iniciales
- Análisis del sistema constructivo empleado en obra





9

9. Análisis comparativo realizado en la beca entre una obra industrializada y otra tradicional. Seguridad.

- Análisis económico
- Análisis de los tiempos de ejecución
- Análisis de los impactos medioambientales y ciclo de vida (residuos, consumo de agua en obra, el consumo de energía eléctrica y de combustibles in situ, transportes de material entrante y de material saliente de la obra, datos del proceso de fabricación de los elementos prefabricados de hormigón
- Análisis de las condiciones de trabajo.

#### 4. PRIMEROS DATOS Y CONCLUSIONES

**La obra se ejecuta en un 50% menos de tiempo**

Actas de replanteo:

- 126 vs edificación tradicional (27 abril 2007)
- 156 vs edificación industrializada ... 08 mayo 2007)

**La obra se adjudica un 18% más “cara”**

Presupuestos de contrata:

- 126 vs edif. tradicional = 10.670.624,80 euros  
84.687,50 euros / vivienda.
- 156 vs edif. industrializada 15.645.686,83 euros  
100.292,86 euros / vivienda.

- El proyectar con sistemas industrializados obliga a una mayor racionalización del proyecto, mayor estandarización de tipologías, mejor integración de diferentes usos dentro de la misma tipología estructural, dado que se puede disponer de grandes luces que alberguen usos combinado de viviendas y aparcamientos.
- Por otro lado, el sistema obliga a un mayor estudio y definición del proyecto, ya que de otro modo los imprevistos en obra son difíciles de resolver.
- El calculista es un integrante del equipo desde el inicio, en contraposición a lo que

sucede en proyectos con sistemas tradicionales en los que el calculista es un componente del equipo que trabaja de manera casi externa al proyecto

- Medición y valoración no estándar, se han de establecer reglas para ello
- Trabajo del constructor reducido por la producción en fábrica
- Planning y disminución de plazo y costes financieros
- Complicidad con el industrial para no proponer soluciones inviables, cada industrial tiene procesos diferentes
- ¿En qué medida influye la geometría de la parcela? Condiciona la accesibilidad, zonas de acopio. La geometría de la parcela es importante en la medida que formas complejas son difíciles de resolver con sistemas industrializados sin que los costes se disparen.

Además si la parcela está muy condicionada (planeamiento, VPO...) se limitan las series de piezas.

#### Como ejemplos, en este proyecto

- Para las plantas sótano se han tenido que realizar:
- Para 62 pilares (tramo A, plantas sótano) hay 42 fichas de fabricación. En el resto de tramos (plantas piso) hay, para 52 pilares, 14 fichas.
- Vigas: 1 ficha cada 2 vigas en las plantas sótano, pasamos a 1 ficha cada 12 vigas en las plantas piso.
- Escaleras el rendimiento / repetición es mejor aún.
- Paneles: 800 paneles con 12 geometrías que se multiplican por 3 por las fijaciones.
- La optimización de procesos se puede medir fácilmente en fábrica. Se tenderá a series más largas, sobre todo en pilares y vigas.
- Quizá hacer in situ hasta cota 0, pues es difícil combinar procesos in situ y prefabricados.



### Personal, seguridad

- En esta obra ha habido 13 personas (la mitad que en una tradicional)
- El resto de personas han estado en las fábricas de NORTEN de ALSASUA y ARAKALDO, con mejores condiciones de trabajo, máquinas, seguridad, horarios, contratos...
- Residuos inexistentes en la industrializada
- Mínimo movimiento manual de cargas (375 piezas en un forjado tipo de esta promoción frente a 14.050 en uno tradicional de viguetas y bovedillas)
- Riesgos derivados de movimientos mecánicos mayores y distintos de los tradicionales
- No se pueden usar métodos tradicionales de seguridad, hay que prever los sistemas de protección colectiva en fase de proyecto y fabricación.

La industrialización en hormigón no es la única vía sino una más (en hormigón -lineal, tridimensional, mixto- y en acero). Además hay otras soluciones de industrializar partes del proceso (ej. encofrados).

Las estructuras industrializadas en residencial pueden seguir un camino similar al seguido en edificación industrial (naves industriales, hoy, son de acero o de hormigón prefabricado), técnicamente es posible.

Se han organizado visitas técnicas a la obra por grupos de 10 personas, habiendo visitado la promoción casi 600 personas.

\* \* \*



10. Estado actual de la obra.