

## **BIM, declaraciones ambientales de producto e inercia térmica: tres vías para la consolidación de las soluciones en prefabricado de hormigón**

### ***BIM, environmental product declarations and thermal inertia: three ways for the consolidation of precast concrete solutions***

#### **Alejandro LÓPEZ VIDAL**

Ingeniero Industrial

ANDECE

Director Técnico

[alopez@andece.org](mailto:alopez@andece.org)

#### **Víctor YEPES PIQUERAS**

Dr. Ingeniero Caminos, Canales y Puertos

Universidad Politécnica de Valencia

Profesor Titular de Universidad

[vyepesp@cst.upv.es](mailto:vyepesp@cst.upv.es)

### **RESUMEN**

En un contexto social y reglamentario cada vez más exigente, coexisten tres tendencias que se presentan como una inmejorable oportunidad para la consolidación definitiva de las soluciones prefabricadas de hormigón como la variante industrializada de la construcción de edificios e infraestructuras, con todas las ventajas que ello proporciona en términos de rapidez de ejecución, control más exhaustivo en proyecto y obra, calidad, precisión dimensional, eficiencia y rentabilidad económica.

### **ABSTRACT**

In an increasing stricter social and regulatory context, there are three trends that offer such an excellent chance to the definitive consolidation of precast concrete solutions as industrialized version of concrete construction for buildings and infrastructures, taking into account the numerous advantages this technical may offer in terms of fast execution, more rigorous control along the design and construction stages, quality, dimensional accuracy, efficiency and economic profitability.

**PALABRAS CLAVE:** prefabricado, hormigón, BIM, DAP's, inercia térmica, sostenibilidad

**KEYWORDS:** precast, concrete, BIM, EPD's, thermal inertia, sustainability

## **1. BIM**

### **1.1. Estado actual**

Building Information Modelling (modelado de información de construcción, BIM) es un método de gestión de diseño, construcción e instalación que simplifica el intercambio de la información gracias a la representación digital del proceso de construcción.

BIM se basa en la integración de toda la información disponible del proyecto en un modelo 3D virtual e interactivo donde se comparte, al menos, la geometría y los datos técnicos de los elementos, el sistema constructivo o las relaciones espaciales entre los elementos, pudiendo además incluir otros datos que describan de la mejor forma el proyecto de construcción [1].

Uno de los aspectos más destacados de BIM es que todos los agentes implicados (proyectistas, empresas constructoras y subcontratistas, proveedores de materiales de construcción, etc.)

trabajan en un mismo modelo virtual, lo que conduce a una mejor comunicación y menos conflictos, especialmente en la fase de diseño.

Esto difiere enormemente del modo de trabajo tradicional, en el que los participantes suelen colisionar a lo largo del proyecto y la construcción del edificio, produciéndose habitualmente modificaciones del proyecto, residuos evitables, retrasos, etc. lo que influye negativamente en la parte económica.

Sin embargo, BIM puede ser utilizado en diferentes grados de implantación. Se puede limitar a aspectos básicos, como la forma, la geometría o la información general del edificio/la infraestructura, o llegar al extremo en que el modelo virtual representaría fielmente la construcción completa.

En España, el desarrollo de los últimos años ha sido notable. En una primera encuesta en el año 2011, el 43% de los encuestados no sabían lo que era BIM. En 2016, un 73% ya consideraba que BIM es el futuro de la gestión de proyectos de construcción y el 75%, que BIM es perfectamente adecuado para proyectos públicos [2].

El impulso decisivo ha llegado del Ministerio de Fomento, que en 2015 creó la primera Comisión BIM. Se trata de un grupo interdisciplinario, que pretende implementar BIM en proyectos públicos en España a partir diciembre de 2018 para edificios y desde julio de 2019 para proyectos de infraestructura. Otro impulso importante debe venir de la Directiva 2014/24/UE del Parlamento Europeo sobre la adjudicación de proyectos públicos, que determina que: «Para los proyectos de construcción del sector público y concursos de diseño, los estados miembro pueden exigir el uso de herramientas especiales, tales como son las herramientas de modelado de información de construcción o similares».

## **1.2. Potencial de las soluciones prefabricadas de hormigón**

La metodología BIM y la construcción con elementos prefabricados de hormigón se basan en parámetros de trabajo similares. A diferencia de la construcción tradicional, los proyectos de prefabricados deben quedar definidos inequívocamente en el proyecto, es decir, cada componente individual que se integrará en la construcción definitiva, no se fabricará en planta y con ello no se transportará a la obra para su instalación, hasta que no contenga toda la información técnica (configuración geométrica y resto de características funcionales) desarrollada en la fase de diseño.

Con este planteamiento cabe esperar que la introducción progresiva BIM desde el proyecto debería llevar emparejada una mayor cuota de industrialización en la construcción y, por tanto, esperar un mayor número de unidades constructivas configuradas mediante elementos prefabricados de hormigón.



Figura 1.- BIM: del proyecto a la obra.

### 1.3. Acciones de la industria

ANDECE, como Asociación sectorial que representa a la industria española del prefabricado de hormigón, determinó BIM como uno de sus ejes estratégicos de actuación. Entre otras acciones llevadas a cabo, decidió desarrollar una primera biblioteca de diez elementos prefabricados de hormigón modelizados en BIM. Para ello, de cada tipología escogida se seleccionó un elemento representativo que fue convertido en un fichero BIM, en particular: pavimento de adoquines; muro de bloques; prelosa pretensada para forjado; viga artesa de puente; banco urbano; placa alveolar para forjado; poste de tendido eléctrico; tubo de hinca; panel de fachada; y traviesa de ferrocarril.

Actualmente se dispone de dos galerías que se encuentran accesibles en las webs de BIMETICA [3] y BIMObject [4] dos de las plataformas más importantes de “objetos BIM” de construcción, para libre descarga.



Figura 2.- Ventana de presentación de la viga artesa prefabricada de hormigón en la galería BIMETICA

De esta forma, se estableció a escala nacional un primer avance para la adaptación del sector a la demanda de soluciones BIM que de forma creciente impone el mercado, especialmente por parte de proyectistas y grandes empresas constructoras.

Esta iniciativa tiene como objetivo ilustrar visualmente cómo se modeliza en BIM un elemento prefabricado de hormigón, de forma que sirva de punto de partida para que las empresas del

sector inicien o continúen su adaptación a esta metodología. Las próximas fases serán la ampliación de la galería a través de la incorporación de nuevos productos prefabricados que no hayan sido cubiertos anteriormente y asesorar a las empresas asociadas para que generen sus propios catálogos técnicos de producto en BIM, siempre con la pretensión de que los proyectistas y constructores tengan disponible esta información. Otra posibilidad sería incrementar la información aportada, como podría ser el caso de indicadores ambientales para la evaluación de la sostenibilidad de los edificios [5].

Asimismo, existen otras bibliotecas de elementos no genéricos, sino pertenecientes a marcas comerciales concretas, dispersas en algunas otras plataformas de descarga de objetos BIM y que contienen elementos prefabricados de hormigón, como las bases de precios de productos de la construcción, tipo Precio Centro o Generador de Precios de CYPE, y otras internacionales como BIMTOOL, Uniclass, NBS Reference, MasterFormat, etc.

Indudablemente estas fuentes de información se convertirán paulatinamente en herramientas necesarias para el desarrollo de los proyectos, en la medida de que aportarán toda la información técnica de cada elemento o sistema constructivo.

#### **1.4. Obras de prefabricados bajo metodología BIM**

Esta metodología de trabajo ya se viene empleando en obras con prefabricados de hormigón desde hace tiempo. Algunas empresas nacionales, especialmente aquellas que modelizan sus estructuras con software BIM porque además les permite la generación automática de las planillas de fabricación de los elementos y una medición exacta de las unidades constructivas, han avanzado notablemente en esta dirección. Pueden destacarse la reciente construcción del complejo IKEA en Alcorcón (Madrid) llevada a cabo por la empresa PRECON que se ha industrializado casi por completo (estructura, forjados, escaleras y cerramientos prefabricados de hormigón) [6], sirviendo de ejercicio práctico de puesta en marcha de BIM y un reto ingenieril que ha sido resuelto de forma exitosa.

Hay que fijar la vista en Estados Unidos, donde hay diversos ejemplos satisfactorios de uso de BIM. Un caso es el estadio de fútbol del campus de la Universidad de Mississippi que se construyó con BIM por la apretada fecha tope. BIM se consideró un aspecto crítico en la selección de una empresa de prefabricados para la renovación del estadio. Por otro lado, ser capaz de corregir los errores en el proceso de diseño permitió que todos los subcontratistas trabajaran juntos desde el principio evitando conflictos.



Figura 3.- Complejo IKEA en Alfafar (Valencia). Los centros logísticos se han convertido en edificaciones cuya construcción es fundamentalmente industrializada en hormigón, por lo que requieren una mayor implementación de elementos BIM

## 2. DECLARACIONES AMBIENTALES DE PRODUCTO

### 2.1. Estado actual [7]

La sociedad en general y la construcción en particular, está cambiando hacia un modelo mucho más sostenible que el realizado hasta ahora, y aspectos como la reducción de emisiones al medio ambiente, la eficiencia energética, el uso responsable de los recursos o los conceptos de ciclo de vida y economía circular, están cada vez más presentes en cualquier actividad o negocio.

En este contexto, surgen las declaraciones ambientales de producto (en adelante DAP's) apareciendo citadas de forma creciente en reglamentaciones, o pliegos públicos y privados de compra de materiales de construcción. Es el caso de países como Francia, Bélgica u Holanda que están desarrollando ya sus propias legislaciones nacionales para incentivar el uso de DAP's. Se estima que sólo en Europa ya hay más de 2.000 DAP de productos de construcción.

Una de las razones se puede achacar a la entrada en vigor en 2013 del Reglamento Europeo 305/2011 de Productos de Construcción, que introdujo un nuevo requisito básico denominado "Uso sostenible de los recursos naturales". Este Reglamento establece que "para la evaluación del uso sostenible de los recursos y el impacto medioambiental de las obras de construcción deben utilizarse, cuando estén disponibles, las declaraciones medioambientales de productos".

Por estas razones, cada vez más empresas deciden que pueden ir más allá del estricto cumplimiento legal e implantan sistemas de gestión ambiental. Una de las herramientas que se pueden aplicar para mejorar los productos y los procesos es el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), que constituye el soporte técnico de las DAP's. Las DAP's analizan una serie de indicadores ambientales durante el ciclo vital del producto y se realizan en base a lo que se conoce como Reglas de Categoría de Producto (RCP).

## 2.2. Acciones de la industria

Actualmente unos veinte comités sectoriales de productos europeos han iniciado sus propios desarrollos normativos, aunque sólo la madera dispone de una RCP propia. En cuanto a la industria del cemento y del hormigón, los comités que se encargan de cubrir la mayor parte de elementos de hormigón, son el CEN/TC 104 *Concrete and related products* y el CEN/TC 229 *Precast concrete products*. Debido a las similitudes que existen desde el punto de vista medioambiental, al menos en lo que se refiere a la producción del hormigón, ambos comités se han aliado para desarrollar conjuntamente una RCP europea, trabajo iniciado en 2015 y que todavía tiene varias fases técnicas y administrativas por delante hasta que la norma sea una realidad a finales de 2017. Ésta ha sido la razón principal por la que el comité nacional de AENOR AEN/CTN 127, que se encarga del seguimiento de las normas de productos prefabricados de hormigón y cuya secretaría técnica desempeña ANDECE, decidió anticiparse y acometer el desarrollo de un documento de alcance nacional que sirviese de modelo de referencia para aquellas empresas que quieran realizar sus DAP's y poder presentar esta información, según les sea requerida por sus clientes.

La reciente publicación del informe UNE 127757:2016 IN "Reglas de categoría de producto para la obtención de declaraciones ambientales de productos prefabricados de hormigón" supone un hito a nivel nacional sobre la creación de una metodología de evaluación ambiental específica para los elementos prefabricados de hormigón. Además de las conocidas prestaciones en términos de durabilidad, rapidez de ejecución o mayor control, que ofrece la versión industrializada de la construcción en hormigón, derivadas de un control más exhaustivo a lo largo de todas las fases de un proceso industrial [8], faltaba crear además el marco de referencia para cuantificar el impacto ambiental de estos elementos, en un contexto general en el que poco a poco este requisito va introduciéndose en un mercado y sociedad cada vez más concienciados con la reducción de emisiones al medio ambiente, la eficiencia energética, el uso responsable de los recursos o los conceptos de ciclo de vida y economía circular.

Dada la diversidad de elementos que ofrece la tecnología de los prefabricados de hormigón, en cuanto a productos y aplicaciones capaces de cubrir, la UNE 127757:2016 IN presenta seis categorías de productos sobre las que se podrían llevar a cabo las DAP's: elementos estructurales para edificación, elementos no estructurales en el exterior, elementos no estructurales para edificación en el interior del edificio, elementos estructurales para obra civil, elementos no estructurales para infraestructuras y urbanización, y elementos para canalizaciones de saneamiento y drenaje.

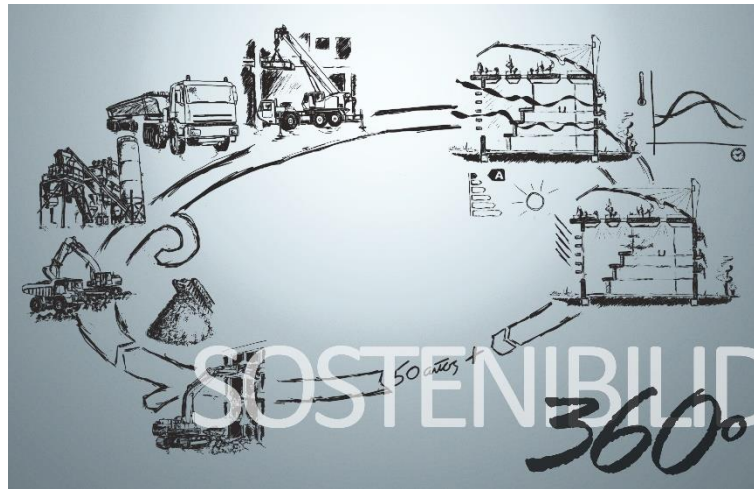


Figura 4.- Ciclo de vida que ilustra el proceso completo de la construcción mediante el empleo de elementos prefabricados de hormigón

### 3. INERCIA TÉRMICA [9]

#### 3.1. Estado actual

Se define masa térmica como la capacidad de los materiales de acumular y liberar calor progresivamente, es decir, la cantidad de calor que puede conservar un cuerpo y la velocidad con que la cede o absorbe del entorno. En cuanto a la inercia térmica, se refiere a la propiedad que adquiere el edificio para amortiguar la influencia de la temperatura exterior sobre las condiciones térmicas interiores.

De esta forma, los edificios de gran inercia térmica tienen variaciones de temperatura más estables, causando dos efectos resultantes si comparamos la evolución de la temperatura interior del edificio con respecto a la que se produce en el ambiente exterior:

- Atenuación: suaviza las temperaturas, reduciendo la importancia de los picos de calor/frío;
- Retardo: retrasa el efecto de esa subida o bajada de temperaturas, consiguiendo unos valores más estables y mantenidos en el tiempo.

En verano (o climas cálidos) el efecto de desfase y amortiguamiento permite que el edificio permanezca más tiempo en la zona de confort sin necesidad de gasto energético adicional lo que permite ahorros de manera gratuita ya que son inherentes al material.

Y en invierno (o climas fríos), la carga térmica interna alcanzada es mucho menor, aunque se puede activar la masa térmica a partir de las fuentes de generación de calor.

El Documento Básico Ahorro de energía DB-HE-1 “Limitación de la demanda energética” del Código Técnico de la Edificación español (CTE) presenta a la inercia térmica como una característica a tener en cuenta, pero sin profundizar tampoco en el concepto ni incluir medidas para su estimación. Esto quizás se deba a que implica un cálculo dinámico complejo, lo que deriva en que sea una propiedad que muy pocas veces acaba siendo considerada en la fase de proyecto.

#### 3.2. Potencial de las soluciones prefabricadas de hormigón

La inercia térmica constituye una de las propiedades inherentes a los materiales masivos, como es el caso del hormigón, que debidamente empleada contribuye a la mejora de la eficiencia energética de los edificios. En este sentido, esta característica deberá suponer un elemento clave para cumplir con el objetivo de los edificios de consumo de energía casi nula a partir de 2020.

La masa térmica es un efecto natural, pasivo e inherente que cobra especial importancia en materiales pesados como el hormigón, y que tradicionalmente ha estado vinculada a las casas y edificios cerrados con piedra natural

Existen diversas referencias en cuanto a cuál es la contribución que se puede obtener a partir de un uso preciso de la masa térmica en construcciones basadas en hormigón. De forma general, se puede deducir que la mayor contribución al ahorro energético en los edificios de alta inercia térmica se suele producir en los meses más cálidos pudiendo alcanzar unos ahorros estimados en refrigeración de hasta un 20% y un 5% en calefacción.

No obstante, es fundamental que la disposición de elementos constructivos de hormigón se vea acompañada de otras medidas de diseño que aseguren un efecto multiplicador, como pueden ser sistemas de ventilación forzada con caudal variable, dispositivos de sombreado, distribución de las ventanas, galerías acristaladas en las zonas de máxima insolación, estructuras activadas térmicamente, etc. y que en definitiva, son ya algunas técnicas implantadas dentro de la denominada arquitectura bioclimática.

Asimismo, la inercia térmica es una característica cuyo efecto puede incrementarse mediante el empleo de técnicas o dispositivos adicionales y en el que los sistemas prefabricados de hormigón pueden ser excelentes contenedores, como pueden ser los materiales de cambio de fase (PCM's) empleados dentro de los huecos de las placas alveolares para forjados que amplifican su capacidad, alcanzando valores de reducción significativa de demanda de energía; o la colocación de conductos de ventilación de aire o conductos refrigerados con agua en dichos alveolos.

Además, este almacenamiento/liberación de energía se puede controlar y monitorizar para que se produzca en los periodos que realmente se necesiten, como sucede con las llamadas estructuras termoactivas. Otra alternativa es hacer circular agua a diferentes temperaturas a través de canalizaciones embebidas en los elementos desde fábrica, con lo que se saca provecho de la inercia térmica del material.





Figura 5.- Colocación de encapsulado con materiales de cambio de fase (PCM's) dentro de los alveolos de una placa, para mejora de la eficiencia energética

## CONCLUSIONES

Es indudable que atendemos a un fenómeno llamado "BIM", que supondrá una transformación enorme a la hora de afrontar cualquier proyecto constructivo. Esta (r)evolución impondrá progresivamente una mayor y más eficaz coordinación entre todos los agentes que participan en los procesos de construcción, una gestión agrupada de la información técnica, económica y temporal del proyecto, y como consecuencia de estas premisas, un efecto inmediato en la optimización de costes y plazos de construcción. BIM debería permitir un mejor posicionamiento de los elementos prefabricados de hormigón desde el proyecto, ya que estos se definen y detallan entonces. Además, deberá potenciar la prescripción de marcas comerciales que estén más avanzadas en el uso de esta tecnología, pues implicará una mayor eficiencia en tiempos y costes. Esto debería generar una relación más directa entre fabricantes de productos de construcción y proyectistas, pudiendo replicarse su introducción en futuros proyectos.

La conexión de BIM con las DAP's y la sostenibilidad podría venir a través de la sexta dimensión de BIM, que permite conocer cómo será el comportamiento del proyecto antes de que se tomen decisiones importantes y mucho antes de que comience la construcción. Permite crear variaciones e iteraciones en la envolvente, los materiales utilizados, el tipo de combustible utilizado para enfriar/calentar el proyecto, teniendo en cuenta incluso su situación, su posición, su orientación y muchos aspectos más.

En cuanto a la inercia térmica, esta propiedad inherente al hormigón se añadirá al resto de prestaciones que han convertido a éste en el material de construcción más universal, contribuyendo a que los edificios alcancen una máxima eficiencia energética.

## Referencias

- [1] Una (R)evolución llamada BIM. Alejandro López. Revista Cemento Hormigón. 2016.
- [2] Implantación de BIM en España, es.BIM
- [3] Galería de productos prefabricados de hormigón en BIM. BIMETICA <http://bimetica.com/es/andece.html>
- [4] Galería de productos prefabricados de hormigón en BIM. BIMObject. <http://bimobject.com/es/andece>
- [5] BIM como metodología para el impulso de la información ambiental en los proyectos de construcción. A. López. Ecoconstrucción. 2016
- [6] Encuentro técnico online ANDECE "Presentación galería de modelos BIM de elementos prefabricados de hormigón". 2016
- [7] Declaraciones ambientales de productos prefabricados de hormigón". Ecoconstrucción. Alejandro López. 2016

[8] Curso de Especialización – Especialidad en construcción sostenible con prefabricados de hormigón o concreto. Maestría Internacional en Soluciones Constructivas con Prefabricados de Hormigón o Concreto. ANDECE – STRUCTURALIA. 2017.

[9] "Una característica no aprovechada en los elementos prefabricados de hormigón: la masa térmica". Revista Cemento Hormigón. Alejandro López Vidal y José Antonio Tenorio Ríos. 2015.

[10] Structural thermal energy storage in heavy weight buildings. Analysis and recommendations to provide flexibility to the electricity grid. 3E - CEMBUREAU. 2016