

building

SMART

Spanish journal of BIM



nº 14/01



Spanish journal of BIM



Spanish journal of BIM es una publicación editada por el buildingSMART Spanish Chapter para la investigación y difusión en español de estudios sobre el modelado de la información de los edificios (BIM)

<http://www.buildingsmart.es/index.php/sjvim/presentacion-sjvim>

Información, envío de artículos y publicidad: sjvim@buildingsmart.es

Formato electrónico de la revista: <http://www.buildingsmart.es/index.php/sjvim/1401>

Spanish journal of BIM

nº14/01

Director-Editor:

Antonio Manuel Reyes Rodríguez. Dr. Ingeniero Industrial.

Escuela de Ing. Industriales. Universidad de Extremadura. SPAIN

Consejo de administración:

Presidente: Sergio Muñoz Gómez

Secretario: Fernando Blanco Aparicio

Tesorero: Pablo Daniel Callegaris

Representante de los simpatizantes: Benjamin González Cantó

Comité Científico:

Antonio Manuel Reyes Rodríguez. Dr. Ingeniero Industrial. Escuela de Ing. Industriales. Universidad de Extremadura. SPAIN

Eloi Coloma Picó. Dr. Arquitecto. Universitat Politècnica de Catalunya. SPAIN

Mauricio Loyola. Universidad de Chile. CHILE

Leandro Madrazo Agudin. Dr. Arquitecto. Escuela de Arquitectura de La Salle. Universitat Ramon Llull. Barcelona. SPAIN

Norena Martín Dorta. Dr. Ingeniería. Universidad de La Laguna. SPAIN

António Aguiar Costa. Assistant Professor. Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa. PORTUGAL

Depósito Legal: 000478-2014

I.S.S.N.: 2386-5784

I.S.S.N. Versión electrónica: En tramitación

Imprime: GRAFIEX, C.B. Avda. de la Constitución, 48.
06230 Los Santos de Maimona (Badajoz)
Tfno: 924 544 026. grafix2013@gmail.com





Especialistas en
Gestión y Consultoría
de **Proyectos BIM**

“What if”

¿Qué pasaría si...
tenemos toda
esta información?

ÉXITO

“What if”

¿Qué pasaría si...
su próximo proyecto
fuera en BIM?

ÉXITO

Empresa certificada **UNE - ISO 21500**



INTRODUCCION A LA METODOLOGÍA BIM.

Felipe Choclán Gámez (1)

Arquitecto

Dpto. de Construcción y Tecnología Arquitectónicas – Escuela Técnica Superior de Arquitectura – Universidad Politécnica de Madrid - España.

arquitecto@sachconsulting.com 670 62 45 78 – 965 14 22 02

Manuel Soler Severino (2)

Doctor Arquitecto

Dpto. de Construcción y Tecnología Arquitectónicas – Escuela Técnica Superior de Arquitectura – Universidad Politécnica de Madrid - España.

manueljose.soler@upm.es

Ramón Jesús González Márquez (3)

Ingeniero de Caminos Canales y Puertos

Management Practice – Ove Arup and Partners

ramon.gonzalez@arup.com 670 62 45 78 – 91 523 92 76

RESUMEN

BIM (Building Information Modeling) es un nuevo acercamiento al diseño, construcción y gestión de los edificios. Se trata de una metodología que enfoca desde un punto de vista diferente el modo de entender los edificios, cómo estos funcionan y la manera en la que estos mismos se construyen. Se podría pensar en la Revolución Industrial del XXI en lo que a la industria de la construcción se refiere.

En la industria de la construcción, la incompatibilidad entre sistemas generalmente impide que los miembros del equipo de proyecto puedan intercambiar la información de manera precisa y rápida; este hecho es la causa de numerosos problemas en el proyecto como pueden ser el aumento de costes y plazos.

La adopción de una metodología BIM y el uso de modelos digitales integrados durante todo el ciclo de vida del edificio supone un paso en la buena dirección para la eliminación de costes resultantes de una incorrecta interoperabilidad de datos. Pero el simple hecho de utilizar un modelo digital no es suficiente.

Estamos hablando de nuevos procesos de trabajo o necesidad de adaptación de los existentes. Existe una cita para explicar este hecho: “BIM es 10% tecnología y 90% sociología”.

1. HITOS HISTÓRICOS DE BIM.

Para entender el origen de BIM y su evolución, resulta imprescindible marcar una serie de eventos o hitos históricos que han definido el desarrollo de esta metodología.

En primer lugar, en el año 1975 “*The use of computers instead of drawings in building design*” (C. Eastman. AIA Journal, March 1975, EE.UU) establece el concepto del modelo del edificio donde las

secciones y plantas podrían derivarse del modelo 3D gracias al uso de ordenadores. Se indica el desarrollo de un sistema de descripción de un edificio (BDS, Building Description System) sobre el concepto anterior. En este artículo ya anticipaban el futuro de las compañías de software ofreciendo distintos sistemas de descripción de los edificios. También se anticipaba que el uso de un BDS iba a modificar la manera de pensar el diseño y los procesos de la industria.

Doce años después, en 1987, Graphisoft Archicad desarrolla el concepto de edificio virtual (Virtual Building).

En 1994 Se funda la IAI – International Alliance of Interoperability (EE.UU), iniciativa para crear un consorcio de empresas para crear unas clases de C++ para soportar un desarrollo integrado de aplicaciones. Generan el primer estándar de intercambio, el IFC – Industry Foundation Classes.

En el año 2003, GSA, Public Buildings Service (PBS) y Office of Chief Architect (OCA), establecen el Programa Nacional 3D-4D-BIM (EE.UU).

Dos años más tarde, en 2005 La IAI se renombra como BuildingSmart (EE.UU).

En el año 2007 GSA (EE.UU) requiere como mínimo el programa espacial en BIM para la entrega a aprobación del Concepto Final para todos los proyectos importantes que reciben financiación a partir del año 2007 y posteriores.

Ya en la última década, en 2011, Cabinet Office UK redacta el Plan Nacional para la utilización de BIM en todos los proyectos públicos estableciendo fases e hitos de introducción con el objetivo de estar en el año 2016 en un nivel 2 de BIM.

Un año después, BuildingSmart Finlandia publica la serie COBIM con el objeto de tratar los requerimientos BIM para proyectos tanto de nueva construcción como renovaciones incluido la gestión de la operación de los mismos.

En el año 2012, La Autoridad de Edificación y Construcción (Building and Construction Authority – BCA) de Singapur publica la Guía BIM. Se establece también la obligatoriedad de BIM para la entrega en arquitectura para 2013 y en estructuras e instalaciones para 2014.

También en ese mismo año, se funda el capítulo para España de la BuildingSmart: BuildingSmart Spanish Chapter.

Por último, se ha planteado para el 2016 en Reino Unido, que todos los proyectos públicos sean presentados en BIM nivel 2.

2. TÉRMINOS Y DEFINICIONES.

Hay múltiples términos que definen la metodología BIM. *“En esencia es la creación de valor a través de la colaboración en todo el ciclo de vida de un activo apoyado en la creación, recopilación y el inter-*

cambio de modelos 3D y los datos compartidos, inteligentes, estructurados, y vinculados a ellos” (UK BIM TASK GROUP, 2014).

Para comprender y profundizar dicho concepto resulta necesario saber qué se entiende por “interoperabilidad”: *“La habilidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y utilizar la información intercambiada”* (IEEE, 1990).

En términos de costes, analizando el ciclo de vida del proyecto y sus fases, conviene diferenciar dos conceptos que se relacionan, pero cada uno hace referencia a unas inversiones y gastos determinados.

En primer lugar, se entiende por capex “El dinero que una compañía invierte en suelo, edificios y equipamiento que es usado para producir productos y proveer servicios” (CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 2014).

En segundo lugar, el opex proviene “del inglés “Operating expense”, y es un costo permanente para el funcionamiento de un producto, negocio o sistema. Puede traducirse como gasto de funcionamiento, gastos operativos, o gastos operacionales” (CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 2014).

3. LA METODOLOGÍA BIM.

BIM (Building Information Modeling) es un nuevo acercamiento al diseño, construcción y gestión de los edificios. Se trata de una metodología que ya ha comenzado a cambiar la manera en la que se ven los edificios, cómo estos funcionan y la manera en la que los mismos se construyen. Se podría pensar en la Revolución Industrial del siglo XXI en lo que a la industria de la construcción se refiere. De hecho, si examinamos la situación de la industria de la construcción en Estados Unidos en comparación con el resto de industria no agrícola o ganadera vemos que la construcción ha ido decreciendo en productividad frente al resto, que han ido aumentando su productividad, como muestra la figura 1.

Las prácticas tradicionales contribuyen a pérdidas innecesarias y errores. Esta ineficacia se ve plasmada en el gráfico anterior. El impacto de un flujo pobre de información y la redundancia se refleja en los resultados de un estudio realizado por el Instituto

Nacional de Estándares y Tecnología (National Institute of Standards and Technology – NIST) (EE.UU).

Este estudio trata de identificar los costes adicionales en los que incurre el propietario de un edificio como resultado de una inadecuada interoperabilidad. El mencionado estudio incluye tanto el intercambio de información como la gestión de la misma; en la que sistemas individuales son incapaces de acceder y usar la información proveniente de otros sistemas.



Fig. 1 Construcción-no agrícola-laboral 1964-2003 (U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, 2014)

hecho es la causa de numerosos problemas en el proyecto como pueden ser el aumento de costes y plazos.

La adopción de una metodología BIM y el uso de modelos digitales integrados durante todo el ciclo de vida del edificio supone un paso en la buena dirección para la eliminación de costes resultantes de una incorrecta interoperabilidad de datos. Pero el simple hecho de utilizar un modelo digital no es suficiente.

Se deben incorporar nuevos procesos y adaptar los ya existentes. Esto, siguiendo con la analogía de la Revolución Industrial, supone un cambio cultural y sociológico en la manera de entender el ciclo de vida del proceso constructivo. Esta última afirmación es vital para entender que no solo estamos hablando de nueva tecnología o de evolución de la ya existente, estamos hablando de nuevos procesos de trabajo o necesidad de adaptación de los existentes. Existe una cita para explicar este hecho:

“BIM es 10% tecnología y 90% sociología”

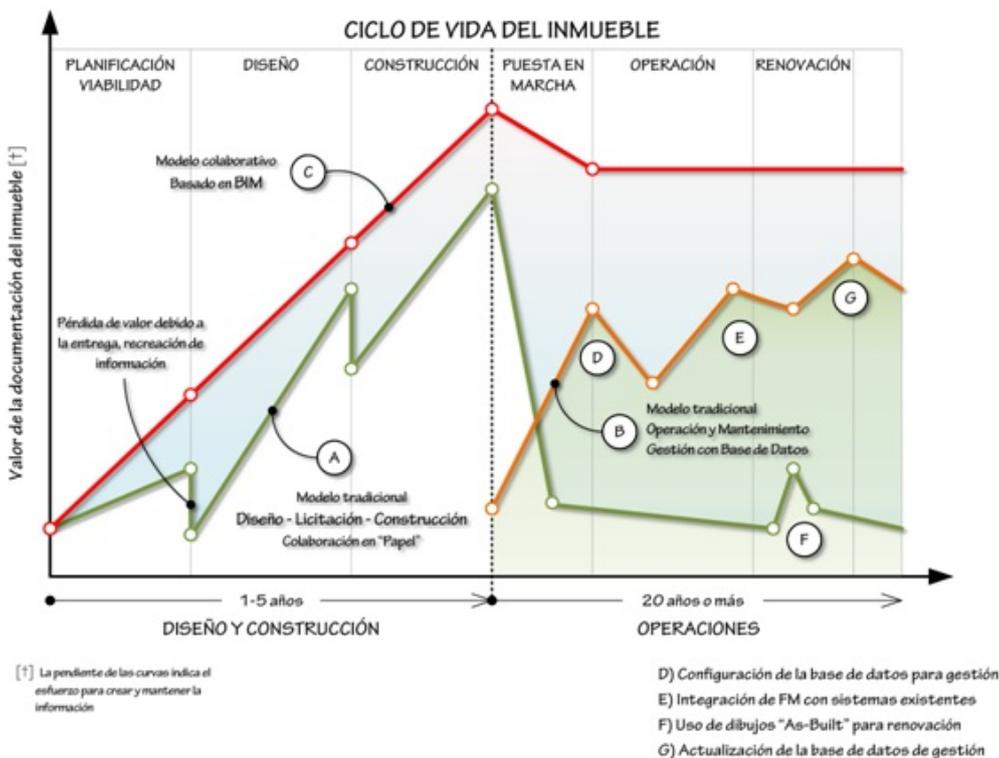


Fig. 2 Representación gráfica de las pérdidas de datos durante el tiempo de vida de un edificio (EASTMAN, C. 2011)

En la industria de la construcción, la incompatibilidad entre sistemas generalmente impide que los miembros del equipo de proyecto puedan intercambiar la información de manera precisa y rápida; este

Después de esta breve explicación, y habiendo definido el concepto de BIM desde un punto de vista global en el apartado anterior, podríamos aproximar la definición del término a un “*Conjunto de metodologías de trabajo y herramientas caracterizadas por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua; empleando uno o más modelos compatibles que contengan toda la información en lo referente al edificio que se pretende diseñar, construir u operar*” (COLOMA, E. 2010)

El objetivo final de la metodología BIM es evitar la pérdida de valor de la información a lo largo del ciclo de vida del proyecto con el método tradicional existente, y que obliga a un mayor esfuerzo de producción de información en las distintas fases del proyecto. Este resultado de aplicación de la metodología BIM en el valor de la información se puede ver de manera clara en la figura 2.

El proceso de trabajo en BIM mantiene una línea de constante crecimiento del valor de la información frente a la rotura y pérdida de información en el proceso tradicional.

Para la realización de esta premisa de no perder valor de la información se precisa un cambio en el proceso de toma de decisiones para que estas sean tomadas en edades tempranas donde la capacidad de influir positivamente en el coste final de un edificio es muy alta frente al coste de ejecutar una acción que es muy bajo. Este paradigma se refleja en la ya conocida como Curva de MacLeamy, debido a la difusión que le dio su autor:

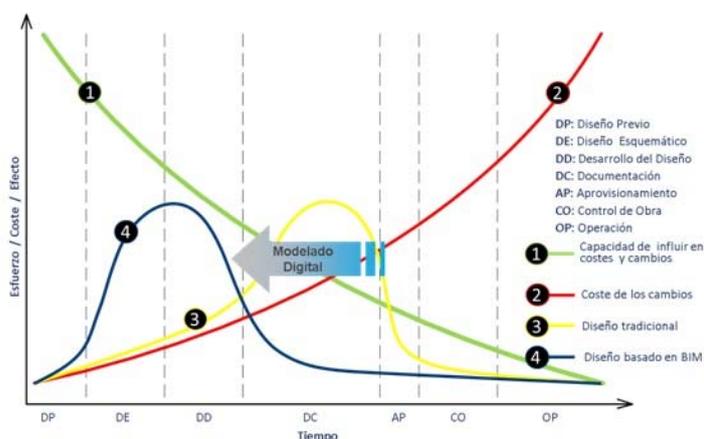


Fig. 3 Curva de esfuerzo del proceso constructivo (MACLEAMY)

En esta gráfica se comparan las curvas del esfuerzo en un proceso tradicional frente a un proceso BIM

con respecto a la capacidad de influir en el coste final con un cambio y el coste de dicho cambio a lo largo del ciclo de vida del inmueble.

Esta realidad ha llevado a nuevas metodologías de desarrollo del proyecto como puede ser la Entrega Integrada de Proyecto (IPD) (Integrated Project Delivery) difundida por el Instituto Americano de Arquitectos (AIA). Se trata de una alianza de colaboración entre personas, sistemas, estructuras de negocio y prácticas en un proceso que aprovecha los talentos y puntos de vista de todos los participantes para optimizar el resultado del proyecto, aportar mayor valor al propietario, reducir los residuos, maximizar la eficiencia a lo largo de todas las fases de diseño, fabricación y construcción.

Existen ocho tareas secuenciales principales en el método del IPD:

- Fase de Conceptualización (Programación ampliada): Determinar QUÉ, QUIÉN y CÓMO se va a construir.
- Fase de Criterios de Diseño (Desarrollo del diseño esquemático): Durante los criterios de diseño, el proyecto empieza a tomar forma. Las principales opciones son evaluadas, probadas y seleccionadas.
- Fase de Diseño Detallado (Desarrollo del diseño ampliado): La fase de diseño detallado concluye el QUÉ de la fase del proyecto. Durante esta fase, todas las decisiones clave de diseño quedarán resueltas. Comprende gran parte de lo que queda de la fase de Proyecto de Ejecución en la práctica tradicional, por lo que la fase de diseño detallado implica mucho más esfuerzo que la fase de desarrollo del diseño tradicional.
- Fase de Implementación de Documentos (Documentos de construcción): Durante esta fase, el esfuerzo se desplaza del QUÉ está siendo creado para documentar CÓMO se implementará. El objetivo de la fase (ID) de identificación es completar la determinación y documentación de CÓMO se implementarán las condiciones de diseño, si no se modificarán o si se desarrollarán. Esta fase genera los documentos que terceros utilizarán para autorizar, financiar y establecer fines reglamentarios. Debido a que la fase de diseño detallado concluye con el diseño y todos los sistemas de construcción "definidos, coordi-

nados y validados", la fase de Documentos de Implementación comprende menos esfuerzo que la fase de Proyecto de Ejecución tradicional.

- **Fase de Revisión de Agentes:** El uso temprano de BIM, y la validación por las Administraciones acorta el proceso final de la obtención de los permisos. La revisión por parte de las Administraciones comienza al inicio de los criterios de diseño. Esta participación temprana minimiza los comentarios de las Administraciones y los cambios necesarios en el diseño que se presentó para la obtención de los permisos. Los modelos tienen la capacidad de proporcionar información acerca de la construcción, ya sea directamente o a través de bases de datos vinculadas que pueden agilizar la supervisión del proyecto por parte de la Administración, de acuerdo a los criterios normativos.
- **Fase de Adquisición:** IPD asume la participación temprana de los contratistas y proveedores, por lo que la adquisición de los paquetes de trabajo se produce en función de la variación de los precios en las fases de diseño, definido en los Documentos de Implementación. La fase IPD de Adquisiciones es mucho más breve que en los métodos tradicionales de entrega, ya que la mayor parte del trabajo ya está contratado con anterioridad.
- **Fase de Construcción (Administración de Contratos de Construcción):** En la fase de construcción, se observan los beneficios del proceso integrado. En los métodos tradicionales, los arquitectos consideran en su contrato de construcción la etapa final de diseño como la última oportunidad para abordar las cuestiones y alcanzar soluciones. Pero en la Entrega Integrada de Proyectos, el diseño y su implementación se finalizan durante el diseño. Por lo tanto, la administración del contrato de construcción es principalmente una función de control de calidad y control de costos. Debido al mayor esfuerzo realizado en las fases de diseño, la construcción bajo IPD será mucho más eficiente.
- **Fase de Liquidación:** El modelo inteligente en 3D ya puede ser entregado a su propietario. El cierre de un proyecto integrado depende en gran medida de las condiciones de negocio acordados por las partes. Por ejemplo, si la es-

tructura de negocio contiene incentivos de compensación o sanciones, la liquidación incluye sus cálculos.

Algunos problemas, sin embargo, como las obligaciones de garantía, de ocupación, y la notificación de finalización, permanecen sin cambios debido a los requisitos reglamentarios y legales. Otras cuestiones, como la corrección de la lista de verificación, no se ven afectadas de manera significativa por la IPD.

- **Gestión de las Instalaciones:** A partir del momento en el que se entrega el modelo al cliente, éste puede hacer uso del mismo para facilitar las labores de mantenimiento de las instalaciones, facilitando la gestión del Facility y de la gestión de activos inmobiliarios.

La adopción de IPD como un estándar para la buena práctica de colaboración en proyectos de construcción presenta sus propios problemas. Como la mayoría de los proyectos de construcción implican actores dispares, las soluciones de TI tradicionales no son propicias para el trabajo colaborativo. Compartir archivos adjuntos de gran tamaño, detrás de cortafuegos, mediante correo electrónico y la posibilidad de ver todo tipo de tipos de archivo sin el software nativo de todo, hacen que el IPD no sea sencillo.

La necesidad de superar los retos de colaboración ha sido uno de los factores que impulsan el crecimiento de la tecnología de colaboración en la industria de la construcción y hace más necesario una adecuada gestión de los procesos involucrados en los proyectos.

4. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El modo tradicional de gestionar el proceso constructivo puede evolucionar con la utilización de la metodología BIM. Empleando técnicas tradicionales se observan deficiencias en los documentos contractuales de diseño, que tendrán sus consecuencias en la etapa de construcción (Véase la Fig. 4).

La escasa o nula participación del contratista en la fase de diseño es otro de los factores de error en el construcción, a pesar de ellos asume los riesgos de desviación en los costes y plazos.

En cuanto a la comunicación, el intercambio de la información presenta pérdidas en el paso de una fase a otra del ciclo de vida del proyecto.

Los riesgos que se asumen en la construcción del proyecto al no haber elaborado una pre-construcción al inicio de los trabajos, podrían verse minimizados teniendo en cuenta estas pautas. Del mismo modo se logra minimizar los riesgos que se asumen en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra.

La incertidumbre del cumplimiento de la eficiencia energética sin haber elaborado previamente pruebas, puede poner en riesgo la certificación final de la misma.

5. CONCLUSIONES

Los proyectos cada vez son más complejos y requieren de un mayor número de recursos y de agentes involucrados. Incluso hablamos de proyectos que se realizan en cualquier lugar del mundo y la geolocalización no siempre resulta posible. Las técnicas tradicionales ya no son aptas para gestionar este tipo de proyectos, por las deficiencias que presentan en las fases de los proyectos complejos. Estas técnicas muestran una pobre colaboración desde la etapa de diseño.

Empleando la metodología BIM, se logra detectar errores en las etapas posteriores, que en la mayor parte de los casos vienen causadas por faltas en la documentación distribuida y deficiencias en la comunicación.

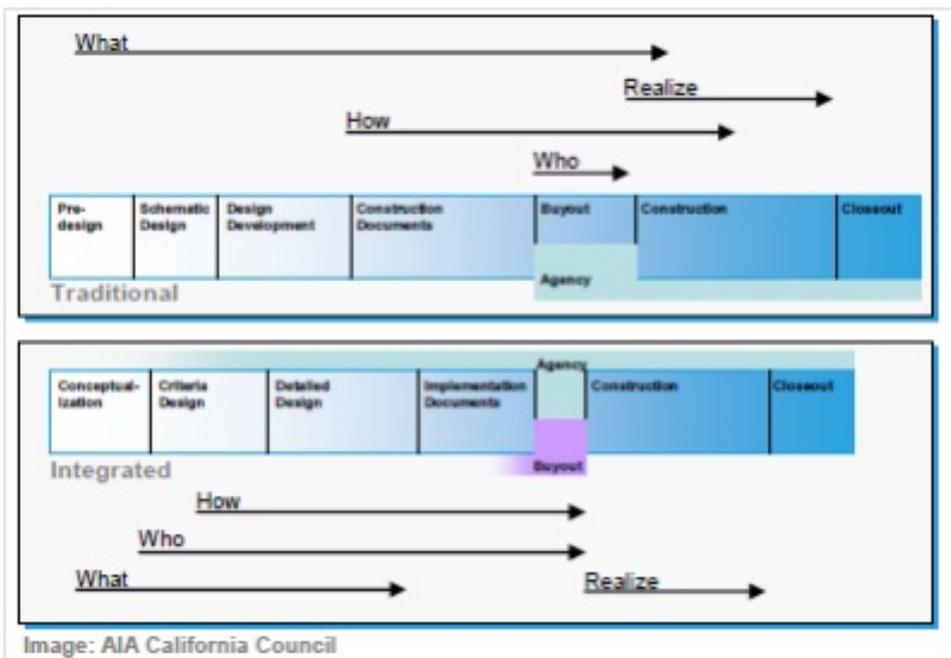


Fig. 4 Entrega de proyectos integrada (IPD) (AUTODESK, 2014)

Por las deficiencias anteriormente expuestas es imprescindible la utilización de la metodología BIM en la fase más temprana del ciclo de vida, involucrando a todos los stakeholders, desde el cliente hasta el último subcontratista.

Con la elaboración del modelo 3D con toda la información incorporada, es posible hacer pre-construcción y adelantarse a los problemas, dando soluciones en todas las fases del proyecto, mejorando la planificación de la construcción y reduciendo los accidentes y la mejora de los aspectos energéticos y de sostenibilidad del edificio.

El modelo central que ofrece BIM muestra una información clara en todo momento y una visualización real de lo construido. El cliente participa del proyecto y se plantean estrategias de colaboración, integración y coordinación entre todos los agentes.

Una vez finalizada la ejecución del proyecto, cabe la posibilidad de vincular el modelo as built con otro tipo de actividades, como pueden ser las labores de mantenimiento de las instalaciones, consiguiendo reducir los costes derivados de las mismas.

Si se emplea la metodología BIM desde etapas tempranas del proyecto, lograremos incrementar otros

beneficios que harán aumentar al mismo tiempo la calidad del producto construido.

BIM se constituye como una herramienta indispensable y colaborativa, que minimiza el complicado acceso a la información del proyecto que presentan las metodologías tradicionales.

Gracias a la interoperabilidad que ofrece BIM se logra alcanzar los objetivos de las empresas. En lo referente al cliente, se logra ahorrar costes y cumplir con los plazos. La empresa constructora consigue un mayor control y consigue una mayor satisfacción del cliente. Por último, en lo que compete a los técnicos, estos ahorran costes y reduce el tiempo en las labores a desempeñar.

Por otro lado, son varias las aplicaciones y los usos que ofrece BIM. Por un lado se logra detectar errores y aumentar productividad, además de controlar con mayor facilidad los documentos, llegando a constituirse incluso como herramienta de comunicación y marketing.

Como se ha comentado, BIM es rentable para proyectos complejos y de gran envergadura. No obstante se consigue aumentar la calidad en cualquier tipo de proyecto, como valor añadido de gestión.

6. BIBLIOGRAFIA - REFERENCIAS.

AEC (UK) INITIATIVE. AEC-UK-BIM PROTOCOL V.2. 2012.

AIA (Instituto Americano de Arquitectos). IPD (Integrated Project Delivery)

AUTODESK.

http://images.autodesk.com/adsk/files/bim_and_ipd_whitepaper.pdf.
http://images.autodesk.com/adsk/files/bim_and_ipd_whitepaper.pdf. [en línea] [citado el: 16 de mayo de 2014.]

BUILDING INFORMATION MODEL (BIM) PROTOCOL. First Edition. 2013

BUILDINGSMART SPANISH HOME OF OPEN BIM. http://www.buildingsmart.es/index.php/bim_spanish_journal_of_bim. [en línea] [citado el: 15 de mayo de 2014.]

CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS. dictionary.cambridge.org/dictionary/business-english.

dictionary.cambridge.org/dictionary/business-english. [en línea] [citado el: 16 de mayo de 2014.]

COLOMA, Eloy. *Definir BIM, Model, Representació i Vista*. s.l. : Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. Universidad Politécnica de Barcelona, 2010.

CONSTRUCTION INDUSTRY COUNCIL. Best Practice Guide for Professional Indemnity Insurance When Using Building Information Models. first edition. 2013.

EASTMAN, Chuck. *Bim Handbook second edition. a guide to building information*. 2011.

FIGUEROA, Marcos Serer. *Gestión Integrada de Proyectos*. s.l. : ediciones upc 2001, 2001.

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. IEEE Standard Computer Dictionary. *IEEE Standard Computer Dictionary: a Compilation of IEEE Standard computer Glossaries*. new york (ee.uu) : s.n., 1990.

JADRAQUE, DANIEL ECHEVARRIA. *Manual para Project Managers como Gestionar Proyectos con Exito*. s.l. : Wolters Kluwer España s.a, 2011.

LANGFORD, MICHAEL MURRAY AND SAVID. *Architect's Handbook of Construction Project Management*. s.l. : riba interprises ltd, 2004.

MACLEAMY. *Curva de Macleamy*.

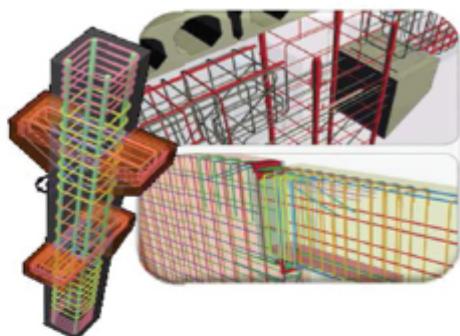
UK BIM TASK GROUP. <http://www.bimtaskgroup.org/bim-faqs/>
<http://www.bimtaskgroup.org/bim-faqs/> [en línea] [citado el: 16 de mayo de 2014.]

U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, BUREAU OF LABOR STATISTICS. <http://www.osec.doc.gov>. <http://www.osec.doc.gov>. [en línea] 2008. [citado el: 16 de mayo de 2014.]

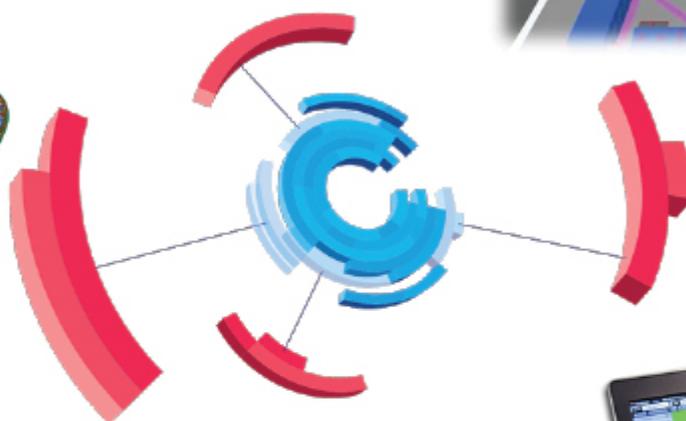
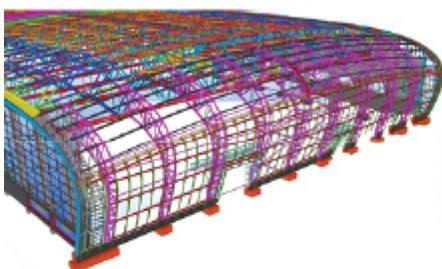
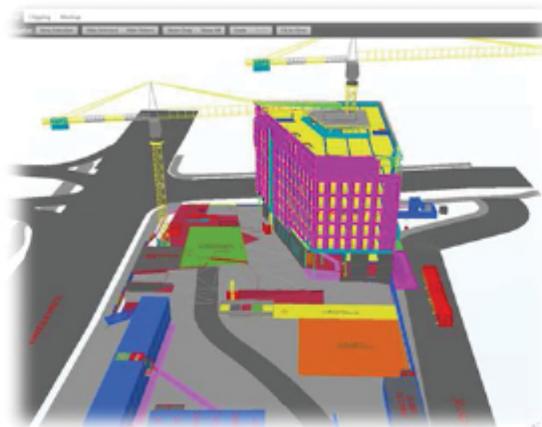
Construsoft, 10 años de experiencia en BIM

Le aportamos la experiencia de cientos de proyectos
en más de 20 países

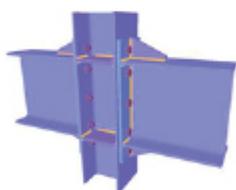
Modelado BIM



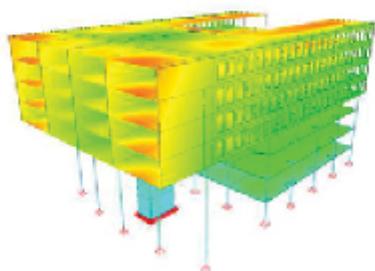
Gestión BIM



Comunicación



Cálculo estructural por elementos finitos



Distribuidor oficial y exclusivo de Tekla, Buildsoft y StruMIS en España y Latam

www.construsoft.com | info-es@construsoft.com

ES: +34 936327350 | CH: +562 22342978 | PE: +511 4466034 | COL: +571 6013924

Código promocional **BSmart**
No olvide mencionarlo a nuestros consultores

 **TEKLA**
A TRIMBLE COMPANY

**AUTHORIZED
RESELLER**

BUILDING INFORMATION MODELING (BIM): UNA OPORTUNIDAD PARA TRANSFORMAR LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Norena. Martin-Dorta

Universidad de La Laguna, La Laguna, España

Paula. GonzalezdeChaves-Assef

Universidad de La Laguna, La Laguna, España

María. Roldan-Mendez

Universidad de La Laguna, La Laguna, España

RESUMEN

Building Information Modeling (BIM) es una de las tendencias más prometedoras de la industria de la arquitectura, ingeniería, construcción y mantenimiento (AEC/O). Con BIM se construye digitalmente un modelo virtual preciso de un edificio o infraestructura. Este modelo, conocido como modelo de información de la construcción, se puede utilizar para la planificación, diseño, construcción y operación de la instalación. Se ayuda a los arquitectos, ingenieros y constructores a examinar lo que se va a construir en un entorno simulado para identificar cualquier diseño potencial, construcción o las cuestiones operativas. BIM representa un nuevo paradigma en la industria AEC/O, que favorece la integración de las funciones de todas las partes interesadas en un proyecto. En este trabajo se presenta una visión general del estado actual de BIM y las tendencias de futuro. Este artículo proporciona información útil para los profesionales de la industria que consideran implementar la tecnología BIM en sus proyectos.

1. ¿QUÉ ES BIM?

En 1975, un artículo de Chuck Eastman (1975) describe un prototipo funcional que denominaba “*Building Description System (BDS)*” y que incluía conceptos de diseño paramétrico y su idea de una “*base de datos única e integrada para un análisis visual y cuantitativo*”. Entre los años 1970 y 1980 esta tecnología continua desarrollándose en todo el mundo. El enfoque BDS tendía a ser descrito en los EE.UU como “*Building Product Models*” y era conocido en Europa como “*Product Information Models*”. Estas expresiones se fusionaron para convertirse en lo que hoy conocemos como “*Building Information Model*”, término documentado por primera vez en 1992 en un artículo de van Nederveen y Tolman, del Departamento de Ingeniería Civil de la Delft University of Technology (Países Bajos). Desde el año 2004 es utilizado por Autodesk, para más tarde ser popularizado por el analista de la industria Jerry Laiserin, a quien erróneamente se le atribuye la autoría, que el

mismo niega en la introducción del libro *Handbook of BIM* (Eastman y otros 2007).

Los modelos BIM tienen su origen en los modelos de productos (Cerovsek 2011), ampliamente utilizados en la industria de automoción, aviación, petroquímica o naval. El desarrollo del modelado 3D se inició en la década de los 70, basado en los inicios en el diseño asistido por ordenador (Computer Aided Design, CAD). Mientras que en la industria se desarrollaron herramientas de modelado paramétrico y análisis integrado basado en objetos, el sector de la construcción se centró en el diseño tradicional 2D.

Building Information Model (BIM) se define en las normas internacionales como “*una representación digital compartida de las características físicas y funcionales de cualquier objeto construido [...] que constituye una base fiable para la toma de decisiones*” (ISO Standard 2010). Es la nueva forma de concebir un proyecto, reuniendo toda la información necesaria para su desarrollo: geometría, sistemas

constructivos, instalaciones, estructuras, mediciones, presupuestos, información ambiental, pliegos, simulaciones, etc. La mayoría de los autores coinciden en que se trata principalmente de un proceso (Eastman y otros, 2011; NIBS 2007; Azhar y otros 2008; BSI 2013). Las definiciones varían en complejidad, mientras que Bazjanac (2004) afirma que BIM es simplemente “*el acto de la creación de un modelo de información de la construcción*”, Eastman y otros (2011) lo presentan como “*una tecnología de modelado y los procesos asociados para producir, comunicar y analizar los modelos de construcción*”.

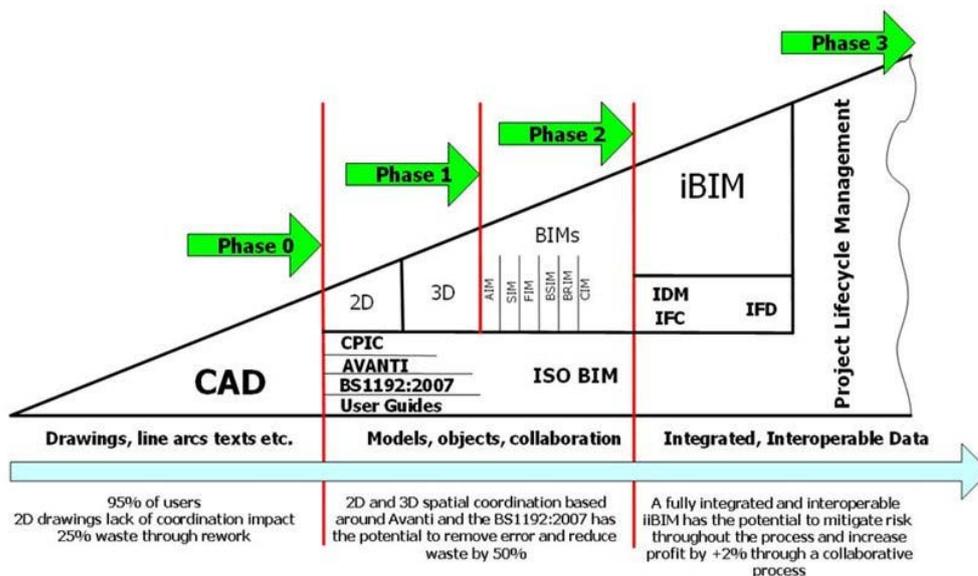
BuildingSMART International (BSI), organización sin ánimo de lucro, apoya el uso de BIM en todo el mundo (BSI 2013). Lo define como “*un proceso de negocio para la generación y el aprovechamiento de los datos de la construcción, para diseñar, construir y operar el edificio durante su ciclo de vida. BIM permite a todos los interesados tener acceso a la misma información al mismo tiempo a través de la interoperabilidad entre las plataformas tecnológicas*”.

Aunque la mayoría de los procesos BIM están asistidos por herramientas de software, la comunidad científica está de acuerdo en que se trata de un nuevo método de trabajo que vincula nuevos procesos asistidos por una componente tecnológica importante.

Su implantación está necesariamente unida a la modificación de los procesos de trabajo usados hasta ese momento.

2. NIVELES DE MADUREZ Y DIMENSIONES BIM

Los niveles de madurez y desarrollo de BIM han sido ampliamente discutidos por distintos autores (Kassem y otros 2014; Succar 2009). El *BewRichards BIM Maturity Model* (ver Figura 1) (Bew y Richards 2008) es el modelo más utilizado en la industria o en las organizaciones y es el adoptado por el Reino Unido. Este modelo identifica el “Nivel 0” como aquel en el que se utiliza todavía el CAD como sustituto de los planos tradicionales en papel. El “Nivel 1” comienza con la introducción de prácticas para la gestión de la producción, la distribución y la calidad de la información de la construcción, incluyendo los generados por sistemas CAD, usando un proceso normalizado para la colaboración. El “Nivel 2” supone la gestión con herramientas BIM de entornos 3D de las distintas disciplinas del proyecto y los datos asociados. Por último, el “Nivel 3” supone la integración de los datos en servicios web que permitan la colaboración y la interoperabilidad. Es el nivel más avanzado por el momento. Tanto el nivel 2 como el 3, presentan implicaciones legales que están siendo objeto de mucha atención en distintos estudios científicos y técnicos (Olatunji, 2011).



© M. Bew and M. Richards 2008

Fig. 1 BewRichards BIM Maturity Model

Este nuevo contexto de gestión de proyectos centrado en un modelo único ha dado lugar a lo que se denominan las dimensiones BIM. La dimensión *2D (Drawing)* se refiere a los planos CAD tradicionales (líneas, imágenes, rendering). La *3D (Model)* supone disponer de un modelo 3D que nos permita navegar por él, detectar colisiones, realizar simulaciones a nivel inicial de las fases de obra o permitir montar una maqueta virtual. La dimensión *4D (Time)* añade la programación detallada de obra, con información de las actividades previstas. La dimensión *5D (Cost)* supone la inclusión de información de la medición y el coste en el modelo BIM. Las dimensiones 6D y 7D están asociadas con los análisis de sostenibilidad y la gestión y operación de las infraestructuras.

3. BIM EN EL PANORAMA INTERNACIONAL

La adopción de BIM se ha desarrollado en las dos últimas décadas en diferentes grados a nivel mundial. La buildingSMART International (BSI) tiene en la actualidad secciones regionales en Europa, América del Norte, Australia, Asia y el Medio Oriente. En la mayoría de los países es impulsada por los gobiernos.

En los Estados Unidos, la Administración de Servicios Generales (GSA) requiere como mínimo un modelo geométrico BIM, y apoya el desarrollo de las implementaciones más avanzadas. La GSA también ha desarrollado directrices BIM, y fomenta el uso de BIM en el sector público.

La Dirección de Obras Públicas y de la Propiedad del Gobierno Noruego (*Statsbygg*) exige su uso en todos sus edificios. La Agencia de servicios de las propiedades del Senado en Finlandia ha solicitado de manera similar el uso de BIM en todos sus proyectos. Varios clientes estatales también están solicitando BIM en Dinamarca. En los Países Bajos, la Agencia de los Edificios del Gobierno dispone el uso de BIM, que es apoyada por el estándar *Rgd BIMnorm*. Esta norma ha sido producida por la agencia *Rijksgebouwendienst*. Además, la Autoridad de la Vivienda de Hong Kong tiene el objetivo de la utilización de BIM en todos sus proyectos para el año 2014. El Servicio de Contratación Pública de Corea del Sur también asume el objetivo de usar BIM en todos los proyectos públicos, y en todos los proyectos de más de 50 millones de dólares para el 2016. En el Reino Unido, el gobierno requiere el que ha denominado Nivel 2 de BIM en sus proyectos a partir del 2016.

El primer sistema a nivel mundial que utiliza los modelos de información de la construcción en la presentación electrónica de los proyectos fue propuesto por la Autoridad de la Edificación y la Construcción de Singapur en el año 2008. La finalidad del sistema era la de agilizar el proceso de registro de la presentación de un proyecto. Se basa en un modelo único que contiene toda la información necesaria.



Lobe
CONSTRUCCIÓN

Detalles que importan

Lobe, una empresa para la Construcción,
Promoción y Gestión de proyectos
inmobiliarios. Project Management Office.

construccioneslobe.es

En 2008, Estados Unidos, Noruega, Finlandia, Dinamarca y los Países Bajos firmaron el “*Statement of intent to support Building Information Modeling with Open Standards*” con el objetivo de impulsar el openBIM y mejorar los procesos de interoperabilidad entre las plataformas BIM.

En el pasado se han llevado a cabo diversos estudios para evaluar el estado de adopción de BIM en distintos países (NBS 2013; McGraw Hill Construction 2012). El porcentaje de la penetración en la industria de la Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Operación (AEC/O) varía significativamente en las encuestas. El informe McGraw Hill Construction de 2012 ya reflejaba que en América del Norte la adopción de BIM ha pasado del 49% en 2009 al 71% en 2012. Además, el uso de BIM se ha incrementado significativamente en los últimos años también en la industria de la construcción del Reino Unido. Una encuesta publicada por la National Building Specification (NBS) refleja que el porcentaje de la industria que utiliza BIM aumentó del 13% en 2010 al 39% en 2012. Además, en 2012, del 54% de la industria que manifestó no estar utilizando BIM, un 77% de ellos declaró que lo estaría utilizando en el próximo año (NBS 2013).

La revisión de la Directiva de la Unión Europea sobre Contratación Pública quiere incorporar la metodología BIM, tomando como referencia a Reino Unido, creando un modelo para que otros miembros de la UE puedan adoptar estos nuevos procesos. En enero de este año 2014, el Parlamento Europeo ha propuesto modernizar las normas de contratación pública, recomendando el uso de instrumentos electrónicos, tales como el modelado de información electrónica, o BIM para los contratos de obras públicas y concursos de diseño. Esta decisión ha sido apoyada por asociaciones profesionales como *The European Construction Technology Platform (ECTP)* o *la BIM Alliance Sweden*. Se prevé que la utilización de los sistemas BIM se convertirá en un requisito imprescindible para la realización de proyectos relacionados con la construcción e ingeniería civil, lo que supone una oportunidad para los profesionales y las empresas.

España, sin embargo, no ha desarrollado estrategias gubernamentales en este ámbito, por lo que tenemos mucho camino por recorrer. Tal como señala el Ins-

tituto Tecnológico de la Construcción (AIDICO 2012), la tecnología BIM está muy extendida en otros países, por lo que es de vital importancia su implantación en España. A finales del año 2012 se comienzan a desarrollar los primeros encuentros profesionales. En mayo de 2013 se celebra el primer congreso científico centrado en esta tecnología, que ha continuado con su segunda edición este año 2014. Disponemos de la sección española de la BuildingSmart y la Asociación AENOR colabora en la elaboración de la normativa ISO relacionada con esta tecnología.

Las empresas del sector se han visto en la necesidad de aproximarse a estos nuevos procesos en el caso de optar a licitaciones internacionales. Esto está planteando la necesidad de abordar nuevos retos entre los que se encuentran:

- Crear, gestionar y desarrollar entornos colaborativos de trabajo.
- Garantizar los flujos de información del proyecto.
- Gestionar la transmisión de la información al cliente final.

4. EL MODELO DEL REINO UNIDO

En junio de 2011, el gobierno del Reino Unido publicó el *Building Information Modeling (BIM) Working Party Strategy*. En este informe se anunció la intención de exigir BIM en todos sus proyectos para el año 2016. El Reino Unido, cuyos dirigentes han manifestado su intención de liderar BIM en Europa, está imponiendo un modelo de gestión de proyectos basados en BIM y en una serie de documentos, normativas e iniciativas focalizadas a través del *BIM Task Group* (2013). Como documento de referencia disponen del *Digital Plan of Work*. La norma BS 1192:2007 establece la metodología para gestionar la producción, distribución y calidad de la información de la construcción, incluyendo la de los sistemas CAD, usando un proceso colaborativo y un estándar de numeración. Es aplicable a todos los agentes involucrados en todas las fases de la vida útil de una infraestructura. El apartado 4 de esta norma detalla el formato COBie (Construction Operations Building Information Exchange), un estándar de datos para la publicación de información, que se

centra en la entrega de la información de los edificios en un formato estructurado. La especificación *PAS 1192-2:2013* es la que define la metodología BIM y su incorporación en la fase de diseño y construcción, mientras que la *PAS 1192-3:2014* define su uso en la fase operacional y de explotación. Otro componente de este nuevo modelo es el Protocolo BIM, que supone el acuerdo legal que se incorporaría en el contrato entre las partes y definiría los principios de trabajo con los procesos BIM. Recientemente están inmersos en la creación de un sistema normalizado de clasificación (*Classification System*) para asegurar que los datos puedan ser indexados y estructurados para un acceso fácil y en un formato estándar que se integre con el *Digital Plan of Work*.

Disponen de unos dirigentes políticos, numerosos organismos y distintas iniciativas por todo el país, implicados y convencidos del cambio que supone BIM. Algunas de estas instituciones son la *Association for Project Management* (APM), el *British Institute of Facilities Management* (BIFM), la *Chartered Institution of Building Services Engineers* (CIBSE), el *Chartered Institute of Building* (CIOB), la *Institution of Civil Engineers* (ICE), la *Institution of Structural Engineers* (IStructE), el *Royal Institute of British Architects* (RIBA) y el *Royal Institution of Chartered Surveyors* (RICS).

Como iniciativas de formación cabe destacar la *BIM Academy* (2010), creada entre la Universidad de Northumbria y Ryder Architecture. Celebran multitud de eventos entre los que cabe destacar el *Virtual Project*, un workshop de tres días en los que se entrenan habilidades y procesos BIM en un entorno de colaboración entre técnicos de distintas disciplinas y países. Recientemente han trasladado su experiencia a Hong Kong y Australia. Además disponen de la *Bentley Crossrail BIM Academy*, asociada al proyecto Crossrail, línea ferroviaria rápida que atraviesa Londres de este a oeste.

5. NORMAS, DIRECTRICES, FORMATOS DE INTERCAMBIO

Numerosas estrategias y protocolos se están desarrollando para facilitar la comprensión y aplicación de los procesos BIM. Una estrategia BIM es un marco teórico estructurado que puede ayudar en la organi-

zación de los procesos y conceptos y facilitar la creación de nuevos conocimientos. Destacamos, aunque en formato no exhaustivo, la *National BIM Standard* de Estados Unidos, la *AEC (UK) BIM Protocols* del Reino Unido, la *NATSPEC National BIM Guide* de Australia, la *Common BIM Requirement 2012 (COBIM)* de Finlandia, la *BoligBIM* (BIM Manual) de Noruega, la *BIM Project Specification* de Hong Kong (China).

La adopción de BIM sigue siendo un reto debido fundamentalmente a que muchos de los implicados no se centran en la verdadera relevancia: la gestión eficiente del ciclo de vida de la infraestructura construida. Esto requiere un cambio cultural y de gestión de información que creemos que todavía está por recorrer y que será el verdadero reto por atender.

Un aspecto clave de BIM, la colaboración, sólo puede llevarse a cabo de manera eficiente con una taxonomía comúnmente entendida y compartida que incluye términos, definiciones y métricas asociadas. Esto es lo que se conoce como “*open BIM*” y que actualmente está representado principalmente por el formato IFC (Industry Foundation Classes) y el COBie. Cabe mencionar además el *BIM Collaboration Format* (BCF), que permite la adición de comentarios de texto e imágenes a los modelos para mejorar la comunicación entre los equipos de trabajo, el *International Framework for Dictionaries* (IFD), que pretende crear un diccionario de términos y el *Information Delivery Manual* (IDM), que aborda los procesos BIM.

6. TENDENCIAS PARA LA INDUSTRIA AEC/O

Contratistas de los nueve principales mercados del mundo que utilizan BIM manifiestan que Building Information Modeling les ayuda a mejorar la productividad, la eficiencia y la calidad y seguridad en sus proyectos, así como su propia competitividad, según un nuevo estudio realizado por McGraw Hill Construction (2014). El informe “*The Business Value of BIM in Major Global Markets*” revela que los contratistas de los mercados en los que el uso de BIM está establecido (Canadá, Francia, Alemania, Reino Unido y Estados Unidos), así como de los mercados que todavía están en las etapas iniciales de

la adopción (Australia / Nueva Zelanda, Brasil, Japón y Corea del Sur) están apreciando un retorno positivo de sus inversiones en BIM: desde los beneficios en los proyectos, tales como en la reducción de los errores, como en la capacidad para procesar mejoras tales como la ampliación de los procesos de colaboración, además de la mejora que para la imagen de su empresa supone BIM.

Durante los próximos dos años, los contratistas esperan que el porcentaje de su trabajo que está asociado con BIM se incrementará en un 50% aproximadamente. El estudio también demuestra que las empresas más comprometidas con BIM logran más beneficios y consiguen un retorno mayor de sus inversiones en estos procesos que aquellos menos comprometidos.

El 40% de los contratistas con alto nivel de adopción de BIM informan que reduce significativamente las modificaciones de proyectos, lo que redundará en un ahorro significativo de los costes. El estudio proporciona evidencia de un fuerte crecimiento, así como la intención de los contratistas de hacer fuertes inversiones en sus implantaciones BIM.

Además, un gran número de los contratistas con un nivel alto de adopción de BIM (61%) están invirtiendo en los dispositivos móviles, lo que demuestra que el futuro radica en extender la oficina al trabajo de campo.

Lisa Campbell, vicepresidenta de estrategia industrial y de marketing de Autodesk, pronostica que con la llegada de las tecnologías móviles y en la nube, el acceso a todos los aspectos de los datos del proyecto se extiende ahora desde la oficina al trabajo de campo. Disponer de un conjunto valioso de datos BIM y conseguir que sean enriquecidos durante el ciclo de vida del proyecto por todos los participantes puede transformar los procesos asociados al proyecto. El acceso ubicuo a los datos extiende aún más el valor de BIM y transformará la forma en la que los proyectos y las infraestructuras serán gestionadas.

“El uso de BIM en la post-construcción, añadiendo los datos de operación y mantenimiento para la gestión del modelo por parte del propietario tiene el potencial de abrir nuevas fuentes de ingresos”, apunta Harvey Bernstein, vicepresidente de conocimientos industriales y alianzas en McGraw Hill Construc-

tion. Menos de un tercio de los contratistas están gestionando los modelos para el propietario. Las empresas que puedan utilizar BIM para ampliar su participación en el edificio más allá de la construcción estarán a la vanguardia de un potencial cambio radical, altamente rentable en esta industria en los próximos años.

7. AGRADECIMIENTOS

Este artículo constituye parte del trabajo realizado en el marco del proyecto de investigación “*BIMNotes: Anotaciones de Modelos 3D en el Ciclo de Vida en Entornos BIM*” (Ref: TIN2013-46036-C3-3-R), financiado por el Ministerio Español de Economía y Competitividad, dentro del Programa Estatal de Investigación, Desarrollo e Innovación Orientada a Los Retos de la Sociedad, en el Marco del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016.

8. BIBLIOGRAFÍA

AIDICO, 2012, *Los agentes de la construcción impulsan la entrada de España en la buildingSmart*, Recuperado el 30 de julio de 2014 de: <http://goo.gl/9OnqxE>.

Azhar, S., Hein, M. Sketo, B., 2008. *Building Information Modeling (BIM): Benefits, Risks and Challenges*. Proceedings of the 44th ASC Annual Conference. Auburn, Alabama.

Bazjanac, V., Maile, T., 2004, *IFC HVAC Interface to EnergyPlus- A Case of Expanded Interoperability for Energy Simulation*, SimBuild 2004, IBPSA-USA National Conference Boulder. CO, pp. 1-7.

Bew, M., Richards, M., 2008, *Bew-Richards BIM Maturity Model*.

BIM Academy. Recuperado el 30 de julio de 2014 de: <http://collab.northumbria.ac.uk/bim2/>
<http://goo.gl/apKgNd>.

BIM Task Group, Recuperado el 30 de julio de 2014 de: <http://www.bimtaskgroup.org/>.

bSI, buildingSMART. Recuperado el 30 de julio de 2014 de: <http://www.buildingsmart.org/>.

Financiado por:



Equipo de investigación:

Norena Martín Dorta y Jose Luis Saorín Pérez (Investigadores Principales), Carlos Carbonell Carrera, Manuel García Román, Virginia Gutiérrez Rodríguez, Rosa Navarro Trujillo, Isabel Sánchez Berriel, Pedro Sánchez Luis, Jorge de la Torre Cantero.

Contacto: nmartin@ull.edu.es; jlsaorin@ull.es

Empresas/Organismos que apoyan el proyecto:



Cerovsek ,T., 2011, *A Review and Outlook for a “Building Information Model (BIM)”*: a Multi-standpoint framework for Technological Development, *Adv. Eng. Inform.*, 25, pp. 224–244.

Eastman, C., 1975, *The Use of Computers Instead of Drawings in Building Design*, *AIA Journal*, March, Vol. 63 (3), pp 46-50.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K., 2011, *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. Canadá: John Wiley & Sons. Inc.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K., 2007, *The BIM Handbook* (1st Edition), John Wiley & Sons, New Jersey.

ISO Standard, 2010, *ISO 29481-1:2010(E): Building Information Modeling — Information Delivery Manual — Part 1: Methodology and Format*.

Kassem, M., Iqbal, N., Kelly, G., Lockley, S., Dawood, N., 2014, *Building Information Modelling: Protocols for Collaborative Design Processes*, *ITcon* Vol. 19, pg. 126-149, Recuperado el 30 de julio de 2014 de: <http://www.itcon.org/2014/7>.

Driving Innovation with Building Information Modeling. McGraw-Hill SmartMarket Report, Bedford, M-A.: McGraw-Hill Construction.

McGraw-Hill Construction, 2012, *The Business Value of BIM in North America: Multi-Year Trend Analysis and User Rating* (2007-2012). McGraw-

Hill SmartMarket Report, Bedford, M-A.: McGraw-Hill Construction.

NBS, 2013, *National BIM Report 2013*, NBS National BIM library, Newcastle upon Tyne, UK.

NBS, 2012, *The IFC/COBie Report*, Recuperado el 30 de julio de 2014 de: <http://goo.gl/O0b286>

NIBS, 2007, *United States National Building Information Modeling Standard*. Version1-Part 1: Overview, principles and Methodologies.

Olatunji, O.A., 2011, *A preliminary review on the legal implications of BIM and model ownership*, *ITcon* Vol. 16, Special Issue Innovation in Construction e-Business , pg. 687-696, <http://www.itcon.org/2011/40>

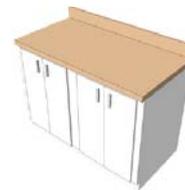
Succar, B, 2009, *Building Information Modeling Framework: A Research and Delivery Foundation for Industry Stakeholders*, *Automation in Construction*, 18 (3), pp. 357-375.

Archivos de productos BIM a tu alcance, GRATIS



.rfa .gsm .dwg .3ds .pdf ... en www.Bimetrica.com

Buscar



La Calidad del Archivo BIM Importa.

Utiliza objetos BIM de calidad, avalados por sus fabricantes, y no te dejes engañar.

Un objeto BIM sin calidad te traerá complicaciones innecesarias al proyecto, inseguridades en su usabilidad, y falta de veracidad en su información.

En Bimetrica.com podrás encontrar, descargar, y solicitar objetos BIM de Calidad respaldados por sus marcas.



Solicita Objetos BIM

No malgastes tu tiempo y dinero modelando archivos BIM de productos de la construcción, has que la empresa fabricante los provea para tu proyecto.

Para ello puedes utilizar la herramienta de "Solicita objetos BIM" de Bimetrica.com y nosotros gestionamos por ti el desarrollo del objeto ante la empresa fabricante.



Desarrollo de Catálogos BIM

FabricantesBIM.com es la plataforma especializada en servicios BIM para la empresa fabricante.

Nuestra experiencia y calidad en el Desarrollo de Catálogos BIM estándar y a medida nos posicionan como una empresa líder en el mercado mundial.



500.000 € en financiación para Catálogos BIM

Nuestra consolidación en el mercado nos permite ofrecer una Financiación con un fondo de 500.000 € para el desarrollo de Catálogos BIM mediante nuestra fórmula de éxito.

Visítanos en fabricantesBIM.com e infórmate de las Bases y Condiciones de Financiación BIM.



facebook.com/Bimetrica



youtube.com/user/Bimetrica

Bimetrica.com



twitter.com/Bimetrica



linkedin.com/company/bimetrica-parametric-design-services-s-l



ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA DEFINICIÓN Y ORDENACIÓN DE UN APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO CON MODELOS BIM. CASO PRÁCTICO DESARROLLADO EN LA ESCUELA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS DE LA UPV.

Rafael Perea Mínguez

Blog Construcción Industrializada (www.construcción-industrializada.es), Valencia, España

RESUMEN

El presente artículo describe la metodología de trabajo y actuación para llevar a cabo un estudio de soluciones de un aparcamiento subterráneo, en un proyecto final de carrera (PFC). El proceso seguido a lo largo de este trabajo demuestra que la tecnología BIM permite una optimización de los recursos y una mejora de los resultados. Para mostrar esta aplicabilidad, se han definido cada una de las fases abordadas, explicando las técnicas utilizadas y los problemas aparecidos. Al mismo tiempo que se pretende animar a utilizar esta tecnología a estudiantes a la hora de elaborar sus trabajos académicos para completar su formación y estar actualizado con las nuevas herramientas de trabajo.

1. INTRODUCCIÓN

El uso del BIM en los proyectos de edificación y obra civil constituye una realidad en el sector de la construcción. Los beneficios de estos nuevos modelos de trabajo juegan un papel muy importante tanto en la fase de diseño como en la fase de construcción, pero estas ventajas van más allá cubriendo todos los ámbitos del ciclo de vida del edificio.

Estos beneficios han provocado que la tecnología BIM sea de obligado cumplimiento en los países Nórdicos (Suecia, Finlandia, Dinamarca y Noruega) y en otros países como Australia o Singapur donde existe una verificación automática de la normativa online (e-PlanCheck) [1]. Otro dato significativo del alcance de esta tecnología es la *Government Construction Strategy de Mayo de 2011...*, que establece la obligatoriedad del uso del BIM en los proyectos desarrollados para la administración británica a partir de 2016 [2].

Estas nuevas formas de trabajar, al igual que lo han hecho en los países anteriormente mencionados, también revolucionarán la forma de diseñar, proyectar y construir en nuestro país.

Todo esto hace necesario que los estudiantes de este sector posean las competencias tecnológicas requeridas. Por tanto, son las instituciones de nivel superior y universidades las que están obligadas a formar a sus alumnos en las nuevas exigencias del sector, para que estos salgan plenamente cualificados y actualizados con las tecnologías y metodologías de trabajo.

2. ESTADO ACTUAL

El sector de la construcción es conocido por ser tradicionalmente poco innovador [3]. Pese a trabajar en muchas ocasiones de manera tradicional, existen herramientas del S.XXI que pueden facilitar y favorecer los trabajos a realizar.

Son muchos los ejemplos a nivel internacional donde se puede ver que la industria AEC (Architecture, Engineering and Construction) está siguiendo la evolución lógica del CAD al BIM como método de trabajo donde la información confluye en un modelo de datos permitiendo la coordinación interdisciplinar en el proceso de diseño, construcción y gestión de los proyectos [4].

Según la encuesta de conocimiento y uso de BIM en Reino Unido de la NBS y RIBA [5] más del 90% del sector de la construcción, no sólo arquitectos, estiman que en tres años estarán utilizando BIM en sus proyectos [6] (Figura 1).



Fig. 1 Utilización del BIM entre profesionales en Reino Unido. Fuente: NBS-RIBA [5]

Sin embargo, nos encontramos con la problemática de que *la concienciación e implementación del BIM entre arquitectos está siendo mucho más rápida que entre ingenieros, contratistas y promotores lo que está provocando poca integración y trabajo colaborativo en proyectos realizados con tecnología BIM [4]*. Algo similar ocurre en la formación universitaria donde se puede ver que está mucho más integrado el BIM en los planes de estudios de Arquitectura o Ing. de la edificación que en las diferentes ramas de Ingeniería.

Se hace necesario por tanto formar en esta tecnología tanto a arquitectos como a ingenieros por igual para fomentar la colaboración entre las diferentes disciplinas ya que se ha demostrado que este hecho es una de las principales ventajas que ofrece el BIM.

3. OBJETIVOS

Teniendo en cuenta que se trata de un trabajo universitario, la investigación descrita en este artículo pretende describir el procedimiento de diseño seguido para realizar un sucinto estudio de alternativas o soluciones mediante BIM de un aparcamiento subterráneo. También persigue la valoración de cada una de las alternativas según unos criterios de optimización contenidos en el propio modelo y aplicando técnicas de análisis multicriterio.

Con esto se quiere demostrar que la tecnología BIM adquiere un gran valor formativo, ya que convierte al proceso de diseño en una herramienta para su posterior estudio.

4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Uno de los puntos fundamentales del proyecto fue la realización de un estudio de soluciones.

Para realizar este estudio de soluciones era muy recomendable utilizar una herramienta que permitiera comparar fácilmente unas alternativas con las otras tanto a nivel gráfico como de mediciones.

Este fue el principal motivo para escoger BIM como metodología de trabajo. Se eligió el programa Revit, puesto que dispone de una versión gratuita para estudiantes y principalmente porque permite trabajar en un mismo modelo con diferentes opciones de diseño. Gestionando estas opciones de diseño tendremos la capacidad de evaluar cuál es la alternativa óptima.

4.1 Opciones de diseño

El primer punto fue conocer cuáles eran las áreas que se iban a ver afectadas por las diferentes soluciones u opciones de diseño, y cuáles iban a permanecer invariantes ante los cambios de éstas.

Por tanto se tenía que definir los elementos comunes a todas las opciones de diseño, lo que se denomina *modelo base*.

El *modelo base* está definido como "*Las partes del modelo de construcción que no se definen mediante opciones de diseño. El modelo base es el modelo de construcción entero, excluidas las opciones de diseño existentes [7]*".

En este proyecto el modelo base consistía en el conjunto de edificaciones adyacentes al solar objeto de estudio (futura ubicación del aparcamiento). Por tanto no incluía ninguna partida a construir, ya que todas las modificaciones o posibles construcciones están incluidas en las diferentes opciones de diseño.

Los viales adyacentes al solar se incluyeron en las diferentes opciones de diseño ya que se podrían ver modificados en función de la ubicación de las diferentes rampas de acceso y salida del aparcamiento.

El siguiente paso fue crear un conjunto de opciones de diseño donde se incluirían cada una de las alternativas diseñadas.

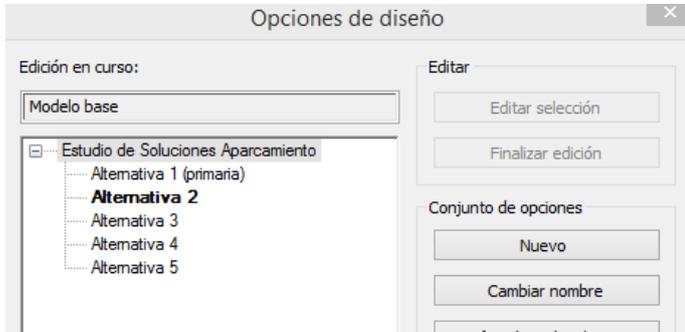


Fig. 2 Vista del cuadro opciones de diseño con el conjunto de opciones "Estudio de soluciones Aparcamiento" y las 5 alternativas diseñadas. Fuente: Propia 2014

A continuación, se definió cuál tendría que ser la opción primaria y cuales las secundarias, pero dado que a priori todas tenían las mismas posibilidades de ser la óptima este dato no fue de interés.

Una vez realizado el estudio de soluciones tendríamos que incorporar la opción primaria al modelo base. Este proceso supondría la eliminación del conjunto de opciones de diseño [7]. Al tratarse de un estudio académico, nos interesaba conservar todas las soluciones durante todo el proceso por lo que no se incorporó la opción primaria al modelo base.

4.2 ¿Cómo organizar la información?

Una vez definida cual es la metodología de trabajo, es el momento de abordar como se organizó toda esta información que se iba a generar durante el diseño y estudio de las alternativas.

Se hizo necesario, y con el fin de evitar que el archivo tuviera un tamaño tal que dificultara el funcionamiento del programa, definir desde el principio cuál iba a ser nuestra estrategia para organizar toda esta información, archivos, documentación, etc... ya que definiendo muy bien todos estos puntos se facilitaría mucho el posterior trabajo.

Se creó un nuevo archivo denominado "Aparcamiento.rvt" donde se introdujo las opciones de diseño necesarias.

Por un lado, y en un nuevo archivo, se definió el Modelo Base denominado "M. Base - Emplazamiento.rvt". Posteriormente éste fue vinculado a nuestro archivo principal "Aparcamiento.rvt" para tener la posibilidad de cargar o descargar el modelo base, ya que en el proceso de análisis de las alternativas el entorno no nos iba a influir en la toma de decisiones. (Este proceso se podía haber realizado mediante un subproyecto-entorno).

En el caso de la definición de las alternativas el proceso llevado a cabo fue similar. Se diseñó cada una de éstas en archivos independientes que después se vincularon a cada una de las opciones de diseño. Esto nos permitía trabajar en cada una de estas opciones de forma independiente, y posteriormente analizarlas de forma conjunta.

Una vez valoradas las alternativas se seleccionó como "Opción Primaria" la mejor valorada, que posteriormente se desarrolló de forma exhaustiva.

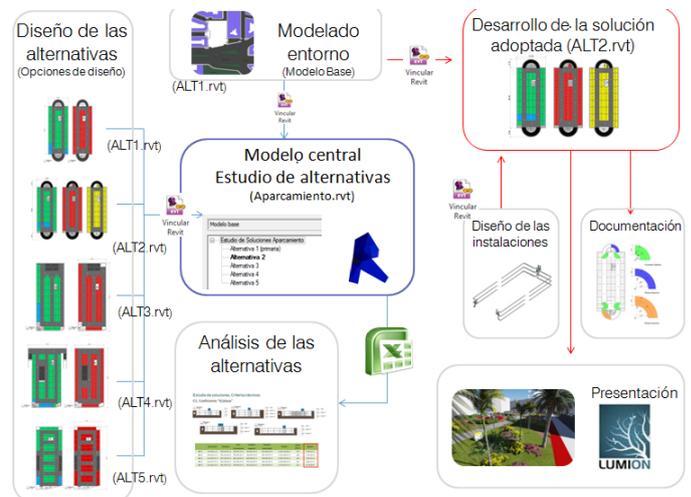


Fig. 3 Esquema flujo de trabajo. Fuente: Propia

5. DISEÑO DE LAS ALTERNATIVAS.

Una vez definido el modelo el base y la metodología de trabajo a emplear, el siguiente paso fue diseñar las 5 alternativas con la finalidad de buscar la solución óptima.

Para el diseño de las alternativas, en primer lugar se analizó la geometría del solar. En este caso se trataba prácticamente de un rectángulo de dimensiones

aproximadas de 87,50 x 38,50 metros, abarcando una superficie aproximada de 3.265,00 m².

En segundo lugar, se creó una plantilla de diseño que se utilizaría para modelar cada una de las alternativas en sus correspondientes archivos. En esta plantilla, entre otros datos, se crearon unas líneas de rejilla y planos de referencia para delimitar el área de actuación del solar y las calles adyacentes.

En tercer lugar, se diseñó el emplazamiento creando una superficie topográfica, prácticamente sin desnivel, ya que según datos obtenidos del solar éste se encontraba a una altura de +14 m. respecto a nivel del mar y su variación de cotas era de +/- 2cm.

Una vez llegados a este punto, era el momento de modelar cada una de las alternativas en sus correspondientes archivos. Los primeros diseños de las geometrías del aparcamiento se diseñaron en formato CAD. Posteriormente se vincularían estos archivos en Revit© donde fácilmente, y apoyándonos en estas geometrías, modelaríamos cada una de las opciones de diseño.

Se realizó el trabajo de este modo ya que el flujo de información requerido por el tutor del proyecto era en formato CAD. Al tener vinculado el CAD a nuestro archivo .rvt cualquier modificación que introdujéramos lo podíamos ver actualizado en nuestro archivo Revit©.

5.1 Modelado

Al introducir una superficie topográfica se hizo necesario realizar una excavación donde se modelaría el aparcamiento. Para esto se creó una plataforma de construcción a la superficie topográfica en un plano de emplazamiento.

Llegados a este punto, se comenzó a diseñar el resto de los elementos constructivos en el mismo orden que tendría el proceso constructivo. El primer paso fue diseñar los muros pantalla. A continuación, se diseñó la losa de cimentación sobre una capa de hormigón de limpieza de 10 cm de espesor. Para el editando sus propiedades. La cota donde se vertería dicha capa sería de -10,40 m, siendo por tanto, la cota del fondo de la cimentación de -10,30 m.

Posteriormente se diseñó la estructura. Se han dispuesto 32 pilares, todos ellos de geometría cuadrada de 0,3 x 0,3 metros con una altura libre de 2,7 metros. También se modelaron dos muros de hormigón armado, paralelos a la ubicación de las rampas, de 0,5 metros de espesor. Una vez diseñados los pilares y los muros de la planta inferior se procede al modelado de forjado de la 2ª planta. Se trata de una losa maciza de 0,3 metros. El modelado de las plantas superior es análogo, con la única diferencia que el canto del forjado superior es de 0,6 m.

En el modelado de las rampas, la herramienta básica de Revit "rampa" no es de mucha ayuda cuando se trata de formas complejas o cuando tratamos de enlazar otro elemento en ellas.

En nuestro caso la salida al exterior del aparcamiento se realiza en un primer momento en curva para posteriormente convertirse en recta. Los ejemplares modelados mediante la herramienta rampa no pueden ser enlazados "parte superior/base". Como se puede ver en la imagen, es necesario enlazar la rampa de salida a los muros pantalla que definen el contorno de la rampa. Para ello, se modeló este último tramo mediante la herramienta suelos y modificando los subelementos de este ejemplar conseguimos el resultado esperado.

Una vez terminado el modelado de los elementos estructurales, llegó el momento de introducir todas y cada una de las plazas de aparcamiento. Tras editarlas asignándoles el tamaño y la forma necesarias, nos encontramos con la problemática de que Revit no crea etiquetas de marca para cada ejemplar de aparcamiento. Era necesario que cada plaza de aparcamiento tuviera su número de marca que coincidiría con su correspondiente número de plaza de aparcamiento.

Para ello, se editó la familia de plazas de aparcamiento transformando sus categorías de familia, y asignándoles los correspondientes a la categoría puerta. Todo esto dentro del editor de familias en la opción "Parámetros de categoría de familia".

Esto nos permitió tener la capacidad de asignar un número de plaza a cada una de ellas mediante la propiedad de marca.

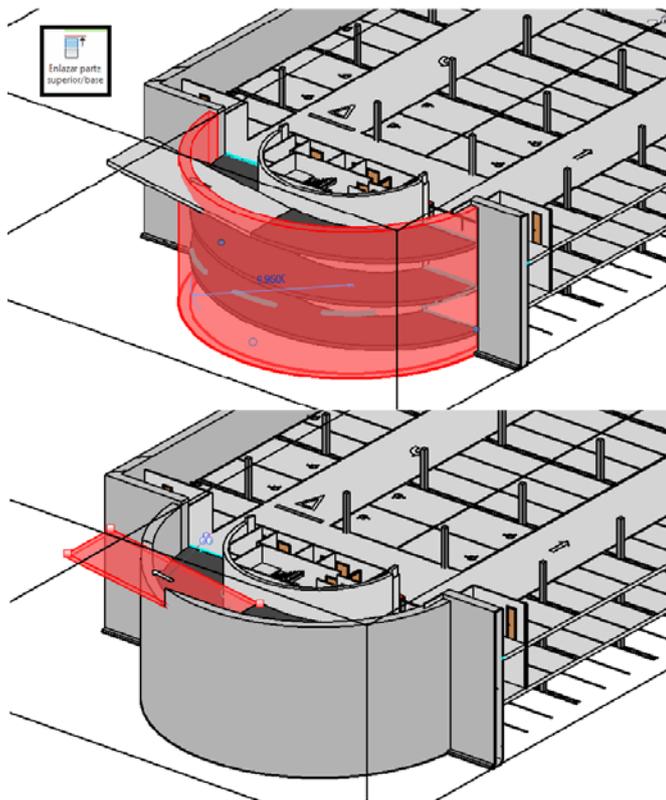


Fig. 4 Vista de resolución problemática enlazar muros pantalla con rampa de salida. Fuente: Propia

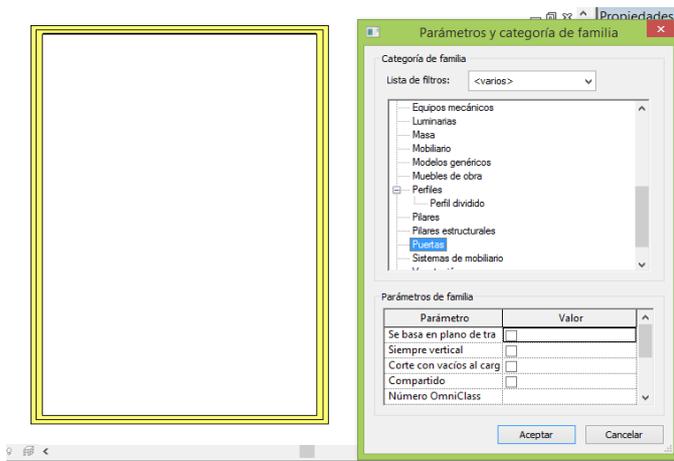


Fig. 5 Modificación de los parámetros de categoría de familia en el editor de familias Parámetros y categoría de familia. Fuente: Propia

Una vez asignadas, ordenadas y etiquetadas todas las plazas realizamos la operación inversa: volvemos a asignarle la categoría de "Aparcamiento" editada anteriormente, conservando la etiqueta asignada.

Por último, se modelaron las escaleras, carpintería, obra interior para definir cada una de las estancias

necesarias para el correcto funcionamiento del aparcamiento.

6. ESTUDIO DE SOLUCIONES

Una vez creadas las 5 alternativas en sus correspondientes opciones de diseño el siguiente paso fue efectuar un análisis con el fin de dilucidar cuál era la óptima.

Los criterios escogidos para analizar las distintas alternativas fueron:

Criterios técnicos/económicos:

- ✓ Ratio €/Plaza.
- ✓ Ratio m²/Plaza.

Criterios funcionales:

- ✓ Número de plazas.
- ✓ Dimensión de las plazas.
- ✓ Dimensión de los carriles de circulación interna.
- ✓ Calidad de los accesos a viandantes y personas con movilidad reducida.
- ✓ Calidad de los accesos al tráfico rodado
- ✓ Afecciones al tráfico.

Criterios estéticos:

- ✓ Adecuación de la urbanización en superficie.

Para realizar un correcto estudio de soluciones se necesitaba tener ciertas vistas de cada una de las alternativas, así como tablas de planificación con las mediciones correctas.

6.1 Vista de diseño

Para poder evaluar algunos de los criterios nombrados anteriormente, fue necesario generar una serie de vistas.

Algunas de las vistas creadas fueron las siguientes:

- ✓ Ocupación del suelo de la alternativa en el área de actuación.
- ✓ Distribución de los sótanos.
- ✓ Distribución de las estancias.

✓ Urbanización en superficie.

Como las vistas a generar eran las mismas para las 5 alternativas, se crearon vistas duplicadas que estuvieran dedicadas a sus correspondientes alternativas.

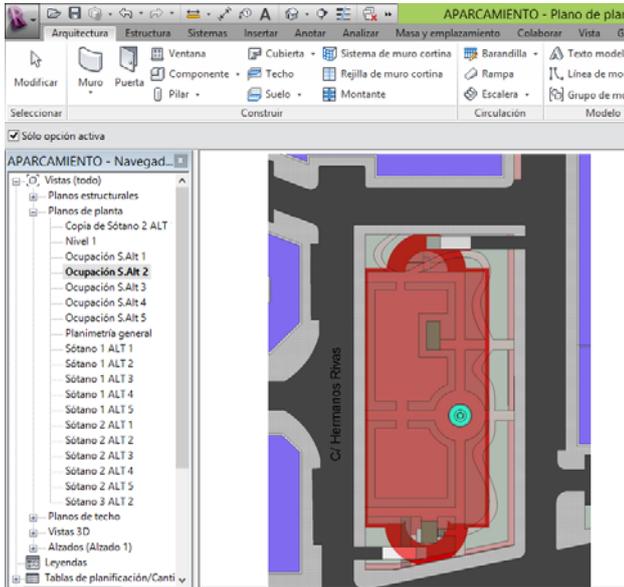


Fig. 5 Ejemplo de vista dedicada a "Ocupación del suelo de la alternativa 2". Fuente: Propia

6.2 Tablas de planificación

Para realizar nuestro estudio de soluciones, y sobre todo para evaluar los criterios técnico-económicos, necesitamos unas mediciones y datos que se podían obtener de las tablas de planificación.

Los datos necesarios fueron:

Ratio €/plaza, (Para realizar un tanteo económico por plaza de las principales unidades de obra):

- ✓ m² Losa de cimentación.
- ✓ m³ Muros pantalla.
- ✓ m² Forjado Superior.
- ✓ m² Forjados Intermedios.
- ✓ m³ Excavación.

Ratio m²/plaza (aprovechamiento racional del suelo):

- ✓ Superficie útil.
- ✓ Número de plazas de aparcamiento.

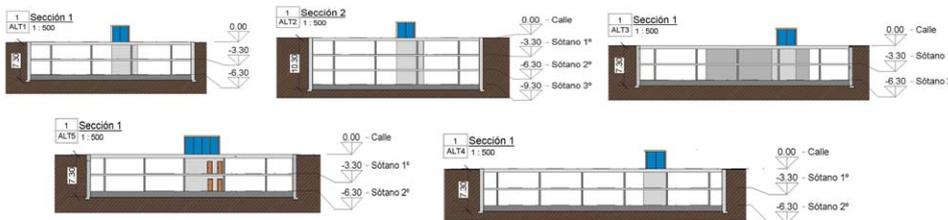
Como hemos visto en el apartado anterior, es posible dedicar una tabla de planificación para cada opción de diseño específica.

En las tablas de planificación encontraremos tanto elementos que están en el modelo base como elementos que se encuentran en la opción de diseño específica. Como únicamente nos interesan los elementos que están en cada opción de diseño se tuvo que aplicar filtros para obtener los resultados que nos interesaban.

Una vez se tienen los datos necesarios en nuestras tablas de planificación se exportan estas a formato .txt pudiéndose abrir con una hoja de cálculo como Microsoft Excel©.

Estudio de soluciones. Criterios técnicos

C1. Coeficiente "€/plaza"



	Excavación	Pantallas	Losa Cimentación	Forjados Superior	Forjados intermedio	Totales	Nº De plazas	€/plaza
Alt. 1	83.994,11 €	395.538,05 €	355.857,29 €	341.853,49 €	253.866,54 €	1.431.110,08 €	179	7.995,03 €
Alt. 2	118.512,23 €	593.313,82 €	355.857,29 €	341.853,49 €	507.733,07 €	1.917.269,91 €	268	7.153,99 €
Alt. 3	112.529,07 €	457.160,49 €	480.124,84 €	468.888,83 €	350.087,86 €	1.868.791,09 €	235	7.952,30 €
Alt. 4	128.973,75 €	476.710,05 €	532.726,93 €	569.103,05 €	402.332,89 €	2.109.846,67 €	263	8022,23 €
Alt. 5	116.882,30 €	462.753,57 €	498.954,22 €	492.981,88 €	362.936,00 €	1.934.507,97 €	222	8.714,00 €

Fig. 6. Mediciones exportadas a Microsoft Excel© con una sección de cada una de las alternativas.. Fuente: Propia

En la hoja de cálculo se pudo analizar los resultados de cada criterio para cada alternativa. Se llevó a cabo un análisis multicriterio mediante el cual se encontró la solución óptima.

7. SOLUCIÓN ADOPTADA

Una vez decidida cual era la solución más viable en base a los criterios nombrados, se procedió, como veremos en los puntos posteriores, a desarrollar de forma completa dicha alternativa y a la realización de un informe del cumplimiento de las diferentes normativas.

7.1 Justificación del cumplimiento de la normativa sobre condiciones funcionales de aparcamientos

Fácilmente se ha demostrado que la solución adaptada cumple los requisitos y exigencias de la normativa sobre condiciones funcionales de aparcamientos: gálibos mínimos, dimensiones de las plazas de aparcamiento, dimensión de los accesos, circulación interior, circulación en curva, pendientes máximas y mínimas.

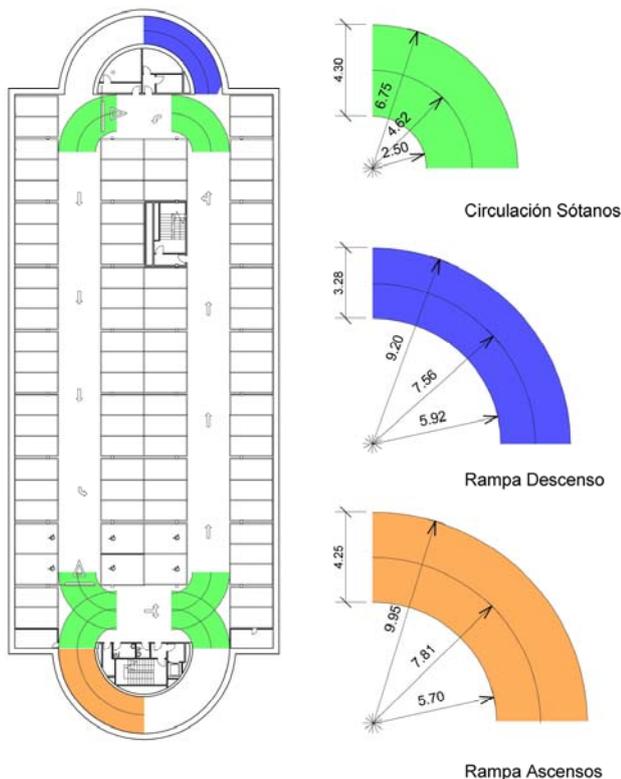


Fig. 7 Justificación de radios de giro en el aparcamiento diseñado. Fuente: Propia

7.2 Sistema de ventilación

Uno de los aspectos fundamentales en los aparcamientos es la renovación del aire ya que es imprescindible restaurar el oxígeno y extraer los subproductos de la actividad humana y otros contaminantes como el monóxido de carbono.

Para esto se ha diseñado un sistema de ventilación acorde a la normativa de aplicación y a las exigencias y condicionantes que de ella derivan. Dicho sistema es de extracción mecánica, con aberturas para la entrada del aire.

Para el modelado del sistema de ventilación hemos utilizado un nuevo archivo, en este caso Revit MEP, que ha sido vinculado al archivo de arquitectura que contenía la solución 2 que ha sido considerada la óptima.

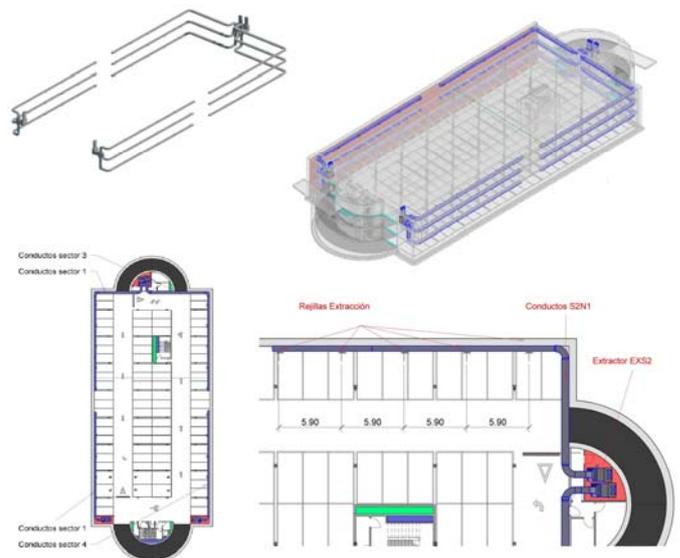


Fig. 8 Imagen 1: Modelo Revit-MEP asilado. Imagen 2: modelo Revit arqu y revit mep vinculados.

Imagen 3: Vista sótano 1 con las instalaciones de ventilación. Imagen 4: detalles Instalación de ventilación de un sector independiente. Fuente: Propia

7.3 Justificación del cumplimiento de la normativa contra incendios

Otro aspecto de vital importancia a la hora del diseño del aparcamiento es el cumplimiento del CTE-DB-SI.

Dicha normativa exige que las escaleras del aparcamiento sean especialmente protegidas.

Estos recintos destinados exclusivamente a la circulación debían estar compartimentados del resto del edificio por medio de elementos separadores EI120.

El condicionamiento de las opciones de visualización permitió diferenciar por colores los elementos que tenían una resistencia al fuego EI120 (color rojo) frente a los que poseían una resistencia al fuego EI 60 (color verde). Con esto se podía ver fácilmente como nuestras escaleras especialmente protegidas cumplían la normativa.

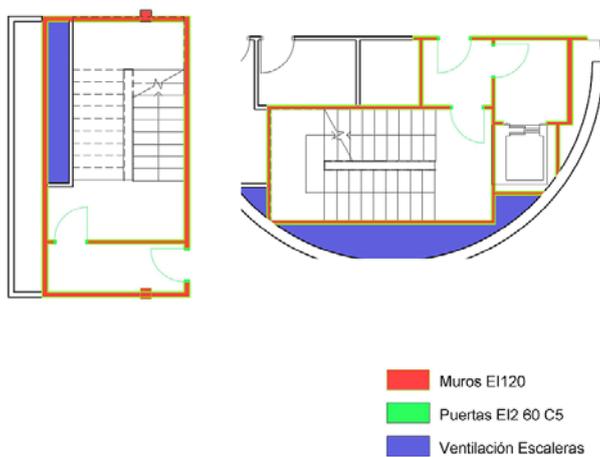


Fig. 9 Justificación del cumplimiento de resistencia al fuego en elementos separadores en escaleras especialmente protegidas. Fuente: Propia

Del mismo modo, se diseñaron los itinerarios de evacuación y señalización contra incendios, así como un sistema de protección contra incendios.

7.4 Representación del proyecto.

Era importante encontrar alguna herramienta de visualización de nuestro modelo creado para ver de una forma más real cual sería el resultado final.

Se seleccionó el programa Lumion ya que ofrecía uno de los flujos de trabajo más rápidos y fáciles para la creación de visualización a través de modelos realizados con programas CAD o BIM. Esta herra-

mienta nos permitió crear videos, representaciones y fotos de nuestro modelo.



Fig. 10 Representación foto realista del proyecto mediante la herramienta Lumion. Fuente: Propia

8. CONCLUSIONES

La tecnología BIM permite afrontar los procesos de diseño, construcción y gestión de los edificios u obras de manera muy variada, mejorando considerablemente los anteriores flujos de trabajo.

En este ejemplo se ha seguido un procedimiento para realizar un estudio de soluciones para el diseño de un aparcamiento subterráneo en un PFC mediante el uso de BIM. Esta herramienta facilita la creación de múltiples alternativas para el correcto desarrollo del proyecto. De esta manera la tecnología permite hacer explícitas las decisiones que se toman para optar por una solución u otra en base a datos contrastables facilitados en nuestro modelo BIM.

Esta nueva forma de trabajo hace necesario que los estudiantes de este sector posean las competencias tecnológicas requeridas para estar plenamente cualificados y actualizados, y poder así afrontar con éxito su futura vida profesional.

9. BIBLIOGRAFÍA

[1] Reyes Rodríguez, Antonio Manuel; Candelario Garrido, Alonso; Méndez Fernández, Francisco; Cortes Pérez, Juan Pedro; Prieto Muriel, Ana Paloma. 2014. *Adopción de la Tecnología BIM en la asignatura proyectos de los grados de ingenierías industriales*. EUBIM. Encuentro de usuarios BIM 2014. 2º Congreso Nacional BIM, Página 157, Va-

lencia, Editorial Universitat Politècnica de València ISBN; 978-84-9048-234-6

[2] Alberola Salcedo, Roberto; Arce Herranz, Carlos; Martín Melchor, Borja; Martínez de Arce, Jesús; Molina Millán, Ignacio. 2014, *El IM del BIM. Building Information Manager*, EUBIM. Encuentro de usuarios BIM 2014. 2º Congreso Nacional BIM, Página 65, Valencia, Editorial Universitat Politècnica de València ISBN; 978-84-9048-234-6

[3] Shenhar and Dvir, 1996; Blayse and Manley, 2004; Pellicer et al, 2010.

[4] Muriel Prieto, Paloma. 2013 *Implantación de la tecnología BIM en estudios universitarios de Arquitectura e Ingeniería*,. Master universitario en investigación en Ingeniería y Arquitectura.

[5] NBS-RIBA, 2013, National BIM Report. RIBA Enterprises Ltd.

[6] Liébana Carrasco, Óscar; Agulló de Rueda, José. *Integración de metodología S-BIM en el Máster Universitario oficial de estructuras de edificación*. 2013. EUBIM. Encuentro de usuarios BIM 2014. 2º Congreso Nacional BIM, Página 33, Valencia, Editorial Universitat Politècnica de València ISBN; 978-84-9048-064-9

[7] Autodesk Revit Help 2014.

<http://help.autodesk.com/view/RVT/2014/ESP/?guid=GUID-6EC07469-15E9-483D-94D1-6C3B33904FC4>

The logo for Ibim Building Twice, featuring the lowercase letters 'ibim' in a bold, sans-serif font. The letters are rendered with a 3D effect, showing a dark grey shadow on the right side of each letter, giving it a sense of depth and volume.

BUILDING TWICE

FORMACIÓN IMPLEMENTACIÓN CONSULTORÍA

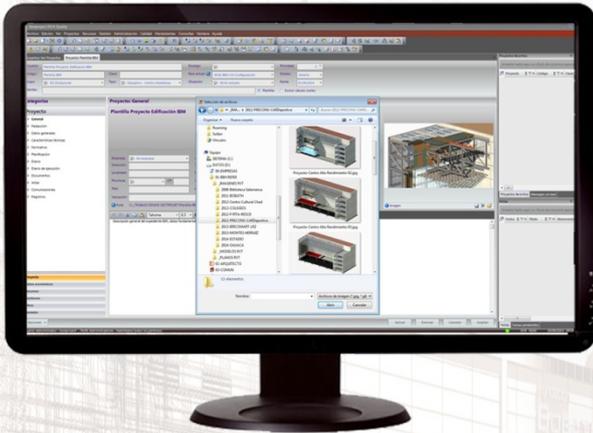
info@ibim.es www.ibim.es

PROFESIONALES DEL BIM APLICADO

Ibim Building Twice, SL es una empresa de servicios de consultoría relacionada con el uso y la implementación de la tecnología BIM. 7 años de experiencia integral en este campo: arquitectura, estructuras, instalaciones, mediciones, gestión y auditoría de modelos BIM.

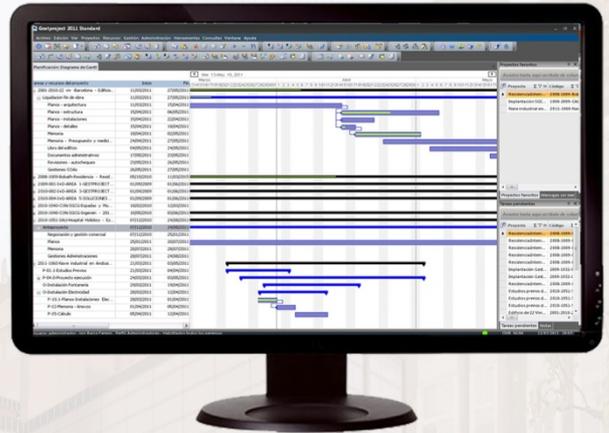
MAS BIM QUE NUNCA

El software de gestión estándar de las oficinas técnicas. Completamente parametrizado para la Gestión de proyectos **BIM**: normativa (estándares, AEC, uBIM, ISO), biblioteca (contenidos, foros, blogs), check list, roles BIM, toma de datos, indicadores...



AREA PROYECTOS Y PLANIFICACIÓN

- Toma de datos y ficha técnica.
- Diagramas de Gantt: fases, tareas, recursos.
- Gestión documental: control versiones.
- Diario de proyectos: entregas, incidencias.
- Actas: de calidad, dirección, obra, BPEP.
- Gestiones oficiales: licencias, visados,...



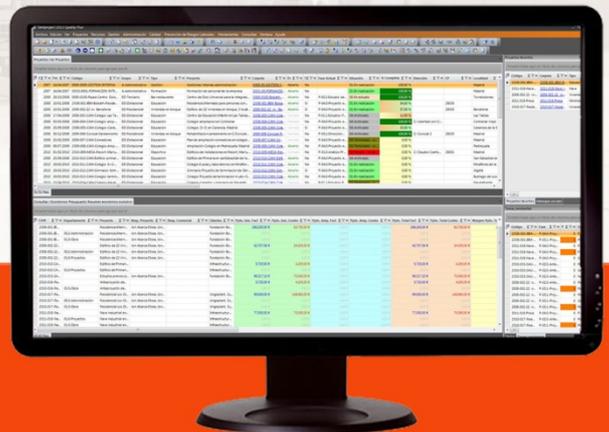
AREA RECURSOS, GESTIÓN Y ADMINISTRACION

- Empresa, Centro, Departamentos y Personal.
- Control de Clientes, proveedores y contactos.
- Contratos: personal, proveedores.
- Económica: facturas, presupuestos, horas.
- Comunicaciones: Agendas, emails y registros.
- Gestión de Normativas, bibliotecas, BBDD.



AREA CALIDAD, PRL Y CONTROL

- Documentos, Responsabilidad Dirección.
- Gestión Recursos: Formación, Clientes, Prov.
- Medición Análisis y Mejora
- Auditorias, AP, AC, NC, Indicadores
- Base para ISO 9001, 14001, 25001, 50001
- OHSAS Prevención de Riesgos Laborales



AREA INFORMES, CONSULTAS Y CONEXIONES

- Proyectos, Económicas, Horas, Calidad...
- Informes prediseñados y configurables
- Import-export: Outlook, vCard, Excel
- Import-export: Contaplus, Navision
- Conexion ODBC Excel (gráficos y tablas)
- Firma digital, rellenado campos PDFs



Solicita tu licencia gratuita de Gestproject® LT
 Durante 30 días prueba cualquier versión
 Pasado este período LT es completamente operativa

APLICACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS ÁGILES EN LA GESTIÓN BIM DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN ENTORNOS INESTABLES

Hugo Sánchez Vicente

Arquitecto. Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid, España

Alfonso García Santos

Doctor Arquitecto. Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid, España

Manuel Soler Severino

Doctor Arquitecto. Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid, España

RESUMEN

La evolución de la consultoría de *Project Management* está dirigida hacia el modo de interactuar con el equipo de trabajo y con el cliente. Los modelos que se fundamentan en métodos ágiles requieren una comunicación muy constante entre ambos. Estas técnicas y herramientas surgieron para hacer frente a las carencias que mostraban las metodologías tradicionales en entornos inestables, en proyectos de desarrollo *software* y no de proyectos de construcción, donde interesaba en mayor medida la funcionalidad del producto en lugar del control del alcance.

En el sector de la construcción, al igual que en el desarrollo de *software*, no siempre encaja la misma metodología en cualquier tipo de proyecto. En proyectos desarrollados en entornos poco definidos, donde la adquisición de la información es incremental, no es posible planificar las tareas al comienzo como sucede en las metodologías tradicionales. ¿Por qué no aplicar los modelos ágiles? ¿Por qué no hacer uso de otras metodologías para aportar mayor flexibilidad en la gestión del proyecto?

En entornos donde se valora más la comunicación y la adaptabilidad al cambio, que permitan crear una serie de prototipos virtuales, los métodos ágiles pueden resultar más acordes con el modelo definido en el entorno colaborativo de BIM.

1. ANTECEDENTES

Las metodologías de gestión de proyectos más empleadas son las *tradicionales*, basadas en el control de las tareas que componen los procesos (Wysocki, 2014), y las *ágiles*, más centradas en las personas y en las comunicaciones que se establecen entre éstas, por medio de iteraciones a corto plazo (Beck, 1999). Estas últimas se plantearon para dar respuesta a las limitaciones que mostraban las tradicionales en proyectos de gestión de desarrollo software; sin embargo, son escasas las investigaciones sobre la aplicación de métodos ágiles en proyectos de construcción.

El estándar PMBOK (*Project Management of Knowledge*) diferencia tres tipos de relaciones entre las fases de un proyecto (Project Management Institute, 2013): secuencial, de superposición e iterativa. Los estándares y guías que siguen metodologías tradicionales inciden en las relaciones secuenciales en cascada y de superposición de fases; en cambio, no ofrecen un modelo de gestión basado en iteraciones. No obstante, el PMBOK afirma que *este enfoque puede ser útil en ambientes cambiantes o poco definidos*, aunque implique contar con la disponibilidad del equipo completo durante todo el proyecto.

Las metodologías ágiles surgieron para hacer frente a los problemas propios de los proyectos de software



HILTI

Soluciones Hilti para BIM

DONDE LA REALIDAD Y LA VIRTUALIDAD ENCUENTRAN LA INNOVACIÓN

Librería Detalles CAD/BIM

<https://www.hilti.es/libreria-bimcad>



Captura el código
QR para acceder a
la librería CAD/BIM

Hilti. Superando expectativas.

y no de construcción, donde interesaba en mayor medida la funcionalidad del producto en lugar del control del alcance. No obstante hoy en día no se construye igual que antes, ni los requisitos del cliente son los mismos, por lo que resulta extraño no tener en cuenta las prácticas ágiles, más cuando el desarrollo tecnológico brinda la posibilidad de crear modelos virtuales en la fase de diseño similares a las iteraciones en los procesos de software. Se trata de herramientas de simulación que facilitan la retroalimentación entre el cliente y el equipo desde la fase de diseño, sin añadir costes de producción al proyecto, permitiendo crear varios prototipos virtuales. Las herramientas que ofrece la metodología BIM son clave en el desarrollo de los entregables para el cliente en cada iteración a lo largo del proyecto.

En algunos proyectos de construcción, como puede ser un proyecto de rehabilitación o de reforma en el sector *retail*, la relación entre las fases puede ser iterativa y no obedecer a una relación estrictamente secuencial. Los requerimientos del cliente exigen otras

vías de desarrollo del negocio de consultoría de *project management*, por los plazos de entrega y la consiguiente velocidad de ejecución, por un lado; y la inestabilidad del entorno asociada a los proyectos de rehabilitación, por otro. Es esencial la comunicación entre el equipo y la colaboración con el cliente para lograr una gestión eficiente en este tipo de proyectos.

Pensamos que la clave del éxito está en complementar ambas metodologías. El Director de Proyecto debe aprovechar el conocimiento de las metodologías ágiles, solapando con métodos tradicionales, en función del alcance del proyecto. Cada método tiene sus aplicaciones, y a su vez se pueden usar diferentes metodologías para implementar el marco de referencia. Es fundamental la capacidad de adaptación ante nuevos requerimientos del cliente y problemas que puedan surgir a lo largo de la ejecución de la obra, como patologías en la edificación existente, refuerzos estructurales, o conflictos con organismos y otras partes interesadas. Aplicar los principios gene-

rales de la metodología ágil puede aportar valor al proyecto de construcción; las premisas de flexibilidad y adaptación complementan a las de planificación y control del método tradicional (M.N. Aydin, F. Harmsen, van K. Slooten, R.A. Stegwee, 2005).

La cultura empresarial y organizativa han de estar alineadas con el tipo de metodología a emplear.

Aquellas empresas de consultoría que están dispuestas a apostar por una mayor flexibilidad pueden tomar como referencia las metodologías ágiles para implementar un modelo de gestión que se adapte a los cambios derivados de la inestabilidad que define el entorno de un proyecto particular, que imposibilita la aplicación de las técnicas y herramientas tradicionales.

2. LAS METODOLOGÍAS ÁGILES Y BIM

Como hemos mencionado, las metodologías ágiles en desarrollo de *software* surgen para hacer frente a las debilidades que presentan las metodologías tradicionales en entornos poco definidos. Unos de los modelos de desarrollo ágil más empleados en la actualidad, *Scrum* (Scrum Manager, 2014), ofrece "*estrategias orientadas a la entrega temprana de resultados tangibles y a la respuesta ágil y flexible necesaria para trabajar en entornos inestables*", donde es preciso garantizar la capacidad de adaptación en mayor medida que la previsibilidad en la ejecución, como sucede en la gestión tradicional para proyectos en entornos bien definidos, como es el caso de los proyectos de obra nueva, escasos en el contexto nacional actual.

En la década de los noventa, la definición moderna de metodología ágil de *software* evolucionó como contraposición a los métodos tradicionales basados en el modelo en cascada. El 17 de febrero de 2001 críticos de modelos de mejora de *software* se reunieron para revisar estos conceptos y el resultado fue un manifiesto donde se resumió la filosofía ágil. En ella se valora al individuo y a las interacciones del equipo por encima de los procesos y herramientas, y su capacidad de respuesta a los cambios en contraposición a la planificación y control de las metodologías tradicionales. El *Manifiesto Ágil* (Beck, 2001) se fundamenta en cuatro postulados, como contraposición a la metodología tradicional.

En primer lugar, se valora a los individuos y su interacción en mayor medida que a los procesos y las herramientas. Los procesos han de adaptarse a la organización, a los equipos y a las personas, y no al contrario. El entorno colaborativo donde se plantea la metodología BIM es idóneo para desarrollar estrategias ágiles de gestión.

En segundo lugar, da más importancia al *software* que funciona que a la documentación exhaustiva. Se basa en el desarrollo de prototipos que anticipan el funcionamiento del producto final y reduce así la documentación, descartando la innecesaria y los diversos entregables que resultan prescindibles. La clave está en la comunicación directa entre las personas y la interacción por medio de los modelos virtuales integrados que ofrecen las herramientas de BIM.

Por otra parte valora la colaboración con el cliente por encima de la negociación contractual, que resulta esencial en escenarios poco previsibles, donde el proyecto no se puede definir con detalle al inicio y en aquellos casos en los que los requisitos son inestables. No obstante en el sector de la construcción es necesario desarrollar un Plan BIM como herramienta contractual que defina las relaciones entre todos los involucrados.

Por último, da más importancia a la respuesta al cambio que al seguimiento de un plan. Se basa en la anticipación y adaptación frente a la planificación y control de la gestión de proyectos ortodoxa.

3. ELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA EN FUNCIÓN DEL PROYECTO

La principal ventaja que encontramos en el modelo de gestión ágil es la flexibilidad por medio de planes adaptativos, aportando rapidez al cambio, por lo que es ideal en proyectos con objetivos finales poco definidos. Sin embargo, la dificultad de predicción que presenta, implica que únicamente se consideren los objetivos de alto nivel. Otro inconveniente es el compromiso que se exige a los miembros del Equipo.

En el modelo tradicional, en cambio, no exige una alta cualificación; y el modelo a implementar es sencillo de entender. Se trata de una metodología de

trabajo efectiva, es un modelo conocido y utilizado con frecuencia, "*definir antes de diseñar, diseñar antes de codificar*" (Rubby, Yie, 2012), logrando estimar plazos y costes de manera precisa. Sin embargo, se trata de modelos estrictos e inflexibles, y rara vez un proyecto de construcción sigue una secuencia lineal acorde a lo planificado.

Podemos hacer un análisis de los aspectos más relevantes del proyecto y de la Organización, en función de la metodología a implementar:

- *Requisitos.* En caso de existir incertidumbre en el inicio y los requisitos no sean estables y por ello sean imposibles de alcanzar, se puede optar por una metodología ágil, de modo que se anticiparán únicamente los requisitos de alto nivel. Estos se irán matizando en cada iteración.
- *Cambios.* Si pudiéramos prever cambios constantes en el proyecto, las metodologías ágiles ofrecen una buena opción al ofrecer iteraciones a lo largo del proyecto, para aquellas organizaciones que sepan adaptarse a la complejidad a la que se puede ver sometido. En las metodologías tradicionales cualquier modificación del diseño en una fase del proyecto puede ser un problema, y una vez que ésta se ha completado, puede que no admita cambios, por lo que resulta mejor para proyectos estáticos, con pocos cambios.
- *Criticidad.* Cuanto más grave sea el impacto debido a un fallo, más necesaria será una metodología tradicional, que nos garantice lo planificado.
- *Coste del prototipo.* Si el coste es mayor que el valor, será conveniente elegir metodologías tradicionales, como podría ser el caso de un proyecto donde el coste total de las horas invertidas en el modelo virtual de un edificio no salga rentable.
- *Especialización y nivel profesional.* Se precisará de técnicos especializados, con experiencia, aptos para métodos ágiles. En cambio, en las metodologías predictivas donde el objetivo es cumplir un plan, se otorga mayor importancia a la calidad de los procesos que al nivel profesional de los trabajadores.

- *Colaboración del Equipo.* Las metodologías ágiles se caracterizan por una comunicación e interacción directa entre los integrantes, por lo tanto es más efectiva para equipos de recursos humanos reducidos que mantengan *feedback* constante con el cliente y con proximidad geográfica.
- *Cultura de la Organización.* Los métodos ágiles serán aptos para organizaciones flexibles y que den cabida a un ambiente creativo. Las metodologías tradicionales en cambio se ajustan mejor en culturas predictivas, donde se prima lograr lo planificado por medio de la ejecución controlada de los procesos.
- *Prioridad de Negocio.* Si la intención es cumplir con lo planificado resulta idóneo trabajar con métodos tradicionales; y ágiles si se desea la obtención del mayor valor posible.

4. LA ADQUISICIÓN INCREMENTAL DE LA INFORMACIÓN

Como hemos visto, en algunos proyectos de construcción la adquisición de la información se produce de modo incremental. Las herramientas y técnicas que ofrece la metodología BIM en la fase de diseño resultan fundamentales para gestionar los requisitos del cliente cuando estos son cambiantes. De este modo se logra minimizar riesgos en la fase de ejecución. Las metodologías ágiles proponen comenzar con una visión general del producto (o proyecto, en nuestro caso) para especificar y detallar a continuación las funcionalidades prioritarias que se pueden realizar en un período breve de tiempo. Cada ciclo de desarrollo o iteración finaliza con la entrega de una parte operativa (*incremento*). En el caso de un proyecto de rehabilitación para un local comercial, dicho incremento es el modelo con la información precisa en cada componente del edificio, modelo que evoluciona conforme lo hacen los requisitos del cliente.

También son *incrementos* otros entregables o documentos necesarios para la gestión de las licencias correspondientes, antes, durante y después de la ejecución de la obra. Podemos adaptar el modelo *Scrum* a un proyecto que se desarrolla en un entorno donde la inestabilidad viene provocada por la velocidad de

ejecución y por los organismos que conceden los permisos correspondientes, como puede ser el ejemplo anterior de un proyecto de rehabilitación destinado a la apertura de un local comercial. En este caso el resto de requisitos vienen subordinados al objetivo principal de la fecha de apertura. De este modo adoptamos una estrategia de desarrollo incremental a través de iteraciones (*sprints*) y revisiones, en lugar de la tradicional de planificación y ejecución completa del proyecto, ya que las fases de desarrollo se solapan en lugar de realizarlas una tras otra en un ciclo secuencial o de cascada.

La fase de cierre del proyecto se define con el incremento o entregable final para el cliente, es decir, las licencias y el modelo *as built*. No obstante en la desactivación y puesta en marcha del edificio no finaliza el ciclo de vida del mismo, si no que da paso a la implementación de las herramientas de gestión de Facility Management acordes a la metodología BIM. Se trata de recursos que simplifican las labores de mantenimiento y futuras operaciones, visualizando toda la información correspondiente al edificio, dando seguimiento a tiempo real y facilitando la transmisión de la información entre los distintos agentes o departamentos involucrados en el mantenimiento del edificio.

Volviendo al caso del proyecto de rehabilitación, la capacidad de adaptación prima sobre la de planificación, ya que no poseemos toda la información al inicio del proyecto. Tras haber modelado el estado actual del edificio, una vez que lo hayamos "vaciado" (sin tabiquería, revestimientos...etc), podemos modelar el estado "real" del mismo, y adaptarnos a las circunstancias: patologías en la edificación, interferencias con las instalaciones existentes no planteadas en el proyecto inicial...etc. El tiempo que se perdería empleando la gestión tradicional en este tipo de proyectos, se gana implementando métodos ágiles basados en el entorno colaborativo de BIM; ya que en estos casos la realidad no suele coincidir con lo planificado, resulta imposible identificar los riesgos y, según el estado del edificio, la gestión de los plazos se puede ver afectada por una inminente rehabilitación estructural. Los costes derivados de *adaptar* el proyecto inicial (la versión "beta" del modelo) al "local vacío" (únicamente visualizando la estructura y las instalaciones existentes), son mínimos ya que

se trabaja sobre un prototipo adaptable con capacidad de respuesta al cambio, por la interoperabilidad que ofrece la metodología. El modelo integrado de BIM permite a los técnicos ser partícipes de las órdenes de cambio y ser notificados a tiempo real, ganando tiempo y reduciendo los costes y la documentación innecesaria.

5. LAS DEFICIENCIAS EN LOS MÉTODOS TRADICIONALES

En cualquier obra, ya se trate de una rehabilitación u obra nueva, surgen problemas a lo largo de la ejecución, ya que los documentos de diseño del edificio pueden presentar deficiencias. El proceso habitual de identificación y respuesta suele ser el siguiente: la constructora explica al director de proyecto el problema identificado, y éste contacta con el estudio de diseño (proyectista) para buscar o proponer las soluciones más acertadas. En algunos casos, como puede suceder en el ejemplo que venimos analizando de rehabilitación de un edificio destinado a un local comercial, es difícil llegar a un consenso inmediato y comunicárselo a la empresa constructora.

Veamos dos ejemplos. En primer lugar, tras la fase de demolición se ha identificado el paso de unas instalaciones inamovibles no contempladas en el proyecto. Esta situación da lugar a que la respuesta que espera el contratista se retrase, pues empleando el procedimiento habitual de notificaciones, la información pasa por varios intermediarios y la orden de cambio se demora más de lo previsto. Este retraso se podría haber minimizado con el modelo integrado de BIM, donde todos los involucrados trabajan sobre el mismo modelo "vivo" y todo el equipo participa (que no autoriza) en la toma de decisiones. En segundo lugar, imaginemos la necesidad de tener que instalar un ascensor que comunique dos plantas porque lo dicte la normativa y no estaba contemplado en el proyecto inicial. La solución de un técnico puede verse rebatida por el estudio de diseño. Lo que para el técnico es un problema que se resuelve fácilmente mediante una solución estructural, para el estudio de diseño ha de ser una solución además compatible con la tasa de retorno de la inversión, como es el caso de un mueble expuesto al público para la venta de ropa en esa misma ubicación, condicionando la decisión del técnico ya que ésta ame-

naza la distribución del mobiliario y por consiguiente el número de ventas. El retraso derivado de este problema se podría haber evitado siguiendo la estrategia de comunicación que plantea la metodología ágil, al tener en cuenta en las iteraciones anteriores de la fase de diseño a todo el equipo de proyecto, incluida la gestión de licencias que asegurase el cumplimiento de la normativa desde el comienzo.

De todas las solicitudes de información establecidas por medio de los flujos de comunicación entre la empresa constructora y el director de proyecto, más de dos tercios de las mismas están relacionadas con "deficiencias en los documentos de diseño/ingeniería", dato que *"es un buen indicador de los tiempos que generalmente destina una empresa contratista en revisar los documentos de diseño e ingeniería del proyecto y el esfuerzo que invierte en tratar de resolver las deficiencias encontradas en los planos y especificaciones técnicas debido a una inadecuada representación gráfica, a la falta de detalles, incompatibilidades o a una deficiente integración con los planos de las demás especialidades, sacrificando tiempo-esfuerzo que podrían ser dedicadas a la realización de actividades exclusivamente productivas"*. (Alcántara Rojas, P.V., 2013).

En la figura 1 se muestra que los errores encontrados en la fase de ejecución son consecuencia de la incompatibilidad y falta de detalle en los planos de estructuras, arquitectura e instalaciones. No obstante, como comenta su autor, hay que tener en cuenta que el bajo porcentaje de "interferencias entre instalaciones" es debido a que apenas son identificados en los planos 2D con técnicas tradicionales.

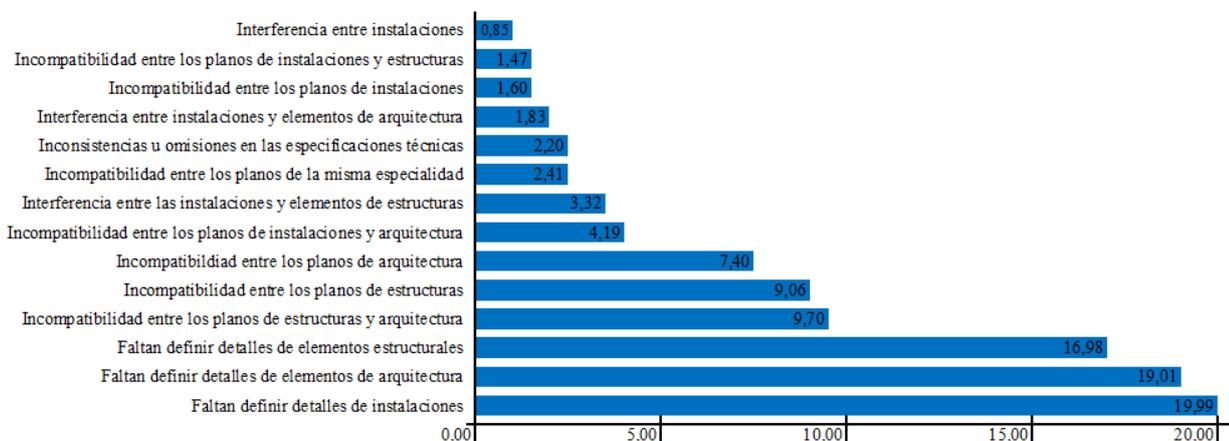


Fig. 1 Clasificación de deficiencias por especialidades (Alcántara Rojas, P.V., 2013)

Para dar solución a estas deficiencias, BIM propone desde la etapa de diseño generar una lista de tareas (Task List), conocido en términos de *Scrum* como "pila del sprint", consistente en las tareas a realizar por el equipo para crear un prototipo o "incremento", que irá evolucionando hasta el modelo final.

Al finalizar cada una de la iteraciones que proponen la metodología ágil, se pueden llevar a cabo las revisiones de constructabilidad, por medio de programas de gestión y revisión de los modelos, con nivel de realismo suficiente para que incluso los subcontratistas puedan organizar su trabajo. En la revisión del sprint, se puede elaborar el listado de verificación (Check List).

En la figura 2 se muestra, por medio de un gráfico, el diagrama del ciclo iterativo propuesto por Scrum, relacionando los elementos clave a lo largo de una iteración o "sprint".

La pila del proyecto es el conjunto de requisitos del cliente. Se trata de las funcionalidades que desea obtener éste, ordenadas por la prioridad que él mismo le otorga a cada una. En nuestro caso, el principal sería la fecha de apertura del local y las correspondientes licencias, la calidad y el aseguramiento de los plazos y de los costes; y el resto de requisitos derivados de los principales y nuevos requisitos que puedan surgir en otras fases del proyecto. Es el inventario de funcionalidades, mejoras y corrección de errores que deben incorporarse al prototipo a través de los sucesivos sprints o iteraciones.

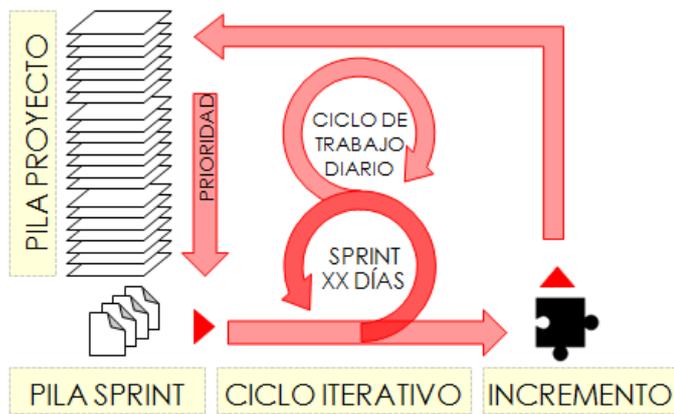


Fig. 2 Diagrama del Ciclo Iterativo Scrum (Scrum Manager, 2014)

La pila del sprint corresponde a las tareas que se deben ejecutar durante la iteración para generar el incremento previsto, la siguiente versión del modelo integrado. Descompone el proyecto en unidades de tamaño adecuado para monitorizar el avance diario, e identificar riesgos y problemas sin necesidad de procesos de gestión complejos.

El incremento es, por lo tanto, el resultado de cada sprint, el modelo revisado y modificado atendiendo a las prioridades de esa iteración.

6. CONCLUSIONES

Como menciona la metodología Scrum (Scrum Manager, 2014) en los entornos inestables a los que nos estamos refiriendo, los factores son impredecibles, por lo que los equipos son auto-organizados y tienen margen suficiente para la toma de decisiones. En cambio, en la gestión tradicional predictiva se asigna la responsabilidad de la gestión y resolución al director del proyecto. En los métodos ágiles, *"los miembros del equipo colaboran de forma abierta con los demás, según sus capacidades y no según su rol o su puesto"*.

Para proyectos de construcción con diseños sistematizados puede ser una buena opción recurrir a metodologías ágiles para implementar la gestión BIM. Por ejemplo, el desarrollo de edificios con elementos prefabricados, donde las iteraciones en fase de diseño repercuten sobre una cantidad mayor de elementos; o en algunos proyectos de *retail*, donde la velocidad de actuación prima sobre los demás objetivos y no atiende a otros principios estereotipados de los proyectos convencionales. Con un soporte tecnoló-

gico adecuado y mediante las herramientas que nos ofrece la metodología BIM podemos realizar prototipos sin que los costes de las iteraciones repercutan sobre el coste del proyecto.

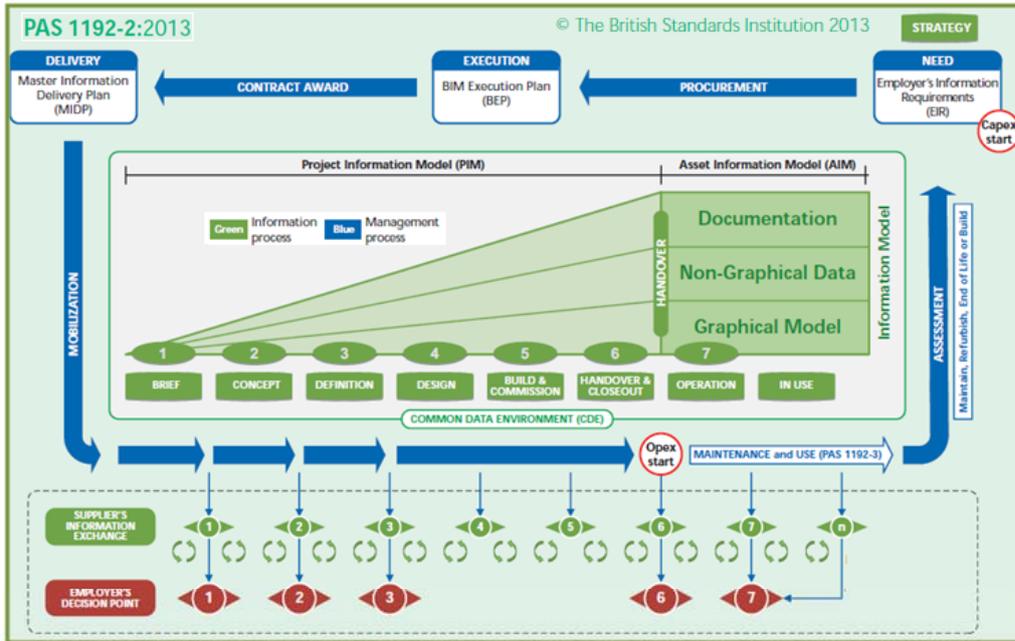
Ambas metodologías, tradicional y ágil, se pueden adaptar al modelo de gestión que propone BIM. Por un lado, la relación de la metodología BIM con las más ortodoxas se plasma en los principios básicos del enfoque sistémico y previsual del proyecto. El enfoque sistémico de las metodologías tradicionales se define en el prototipo virtual de la metodología BIM, que permite facilitar la búsqueda de cada componente del proyecto, dando seguimiento y controlando el avance del mismo. En el caso del enfoque previsual, la metodología BIM trata de anticipar y corregir desviaciones provocadas por una incorrecta gestión de la comunicación entre los agentes intervinientes.

La gestión de la comunicación en el entorno colaborativo de BIM permite establecer las estrategias de las metodologías ágiles; además de posibilitar la creación de prototipos. La metodología BIM como modelado de información de construcción en tres dimensiones ha sustituido a la representación en dos dimensiones, consiguiendo reducir los tiempos de producción y costes. Las herramientas integran diversos programas, unificando el modelo de trabajo de los distintos agentes involucrados en el proyecto, dando lugar a un sistema de información que se genera a lo largo del ciclo de vida del edificio mediante procesos que gestionan la documentación del proceso constructivo.

Los métodos tradicionales de gestión de proyectos presentan grandes deficiencias derivadas de la escasa interacción que se produce entre las etapas de diseño y construcción del proyecto. En la etapa de diseño de un proyecto de edificación, la adquisición de la información es incremental e intervienen varios agentes. Las metodologías ágiles basadas en la adaptación y en la comunicación resultan más adecuadas para gestionar esta fase de diseño, por medio de las herramientas y técnicas que plantea BIM. Los errores cometidos en el modelo virtual son detectados al inicio del proyecto, por lo que no repercuten en el edificio real y se ahorran costos futuros debidos a los errores en el diseño.



Comenzamos aquí



y gestionamos con BIM todo el ciclo



1994 - 2014
*tienes Project
tienes éxito*
20 AÑOS

ORENSE, 8 (OFICINAS) - 1ª PLANTA
28020 MADRID ESPAÑA
TEL: + 34 91 514 95 35
www.aedip.org

En proyectos de rehabilitación la información no es incremental únicamente en la fase de diseño sino que también lo es en la fase de construcción. Las metodologías tradicionales no son las más aptas para gestionar este tipo de proyectos ya que se basan en mayor medida en la planificación que en la respuesta al cambio. El modelo integrado de BIM facilita la generación del prototipo tras la fase de demolición, "local vacío", adaptando con mayor precisión el proyecto de diseño a la estructura e instalaciones reales del edificio, por lo que se gana en tiempo y ahorra costes.

Añadir los principios generales de la metodología ágil puede aportar valor a un proyecto definido en un entorno inestable. Trabajar en un entorno colaborativo en dicho entorno exige desarrollar un plan de comunicación ágil que haga frente a las necesidades no cubiertas por los procesos tradicionales de gestión. Pensamos que el éxito se alcanza al combinar ambas metodologías, mediante el conocimiento explícito, escrito y documentado por medio de procedimientos y guías, y del tácito o implícito, generado por medio de la experiencia y la colaboración.

7. BIBLIOGRAFÍA

Alcántara Rojas, Paul Vladimir, *Metodología para Minimizar las Deficiencias de Diseño Basada en la Construcción Virtual usando Tecnologías BIM*. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Lima, 2013.

Beck, Kent, 1999, *Embracing Change with Extreme Programming*.

Beck, Kent, 2001, *Manifesto for Agile Software Development*, Agile Alliance.

M.N. Aydin, F. Harmsen, van K. Slooten, R.A. Stegwee, 2005, *On the adaptation of an agile information Systems Development Method*. *Journal of Database Management Special issue on Agile Analysis, Design, and Implementation*.

Project Management Institute, 2013, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*, 5th edition.

Rubby A.Y., Yie A, *Ingeniería de software: Ciclos de vida y metodologías*. Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.

Scrum Manager, *Gestión de Proyectos Scrum Manager*, Versión 2.5, Abril 2014

Wysocki, Rober K., 2014, *Effective Project Management: Traditional, Agile, Extreme*, Ed. 7, Wiley John + Sons.

CYPE

SOFTWARE

BIM



TEKLA



FIE BDC



AUTODESK
AUTOCAD
2014



AUTODESK
REVIT

GRAPHISOFT
ARCHICAD



Software para **Arquitectura,**
Ingeniería y Construcción

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



CYPE Ingenieros, S.A.

Avda. Eusebio Sempere, 5 - 03003 ALICANTE - SPAIN

Tel. (+34) 965 922 550 - Fax (+34) 965 124 950 - cype@cype.com

www.cype.com

LA DIFUSIÓN Y MASIFICACIÓN DE BIM EN LA INDUSTRIA: EL CASO CHILENO

Mauricio Loyola

Departamento de Arquitectura

Universidad de Chile

RESUMEN

Este artículo muestra el proceso de difusión y masificación de BIM en Chile a partir de dos estudios cuantitativos realizados en 2011 y 2013. En particular, se analiza el rol que un grupo de empresas privadas de servicios externos de modelación y coordinación BIM han tenido estimulando la masificación de la tecnología.

1. INTRODUCCIÓN

Existe abundante evidencia académica y profesional que demuestra que los mayores beneficios del uso de BIM en proyectos de edificación se obtienen cuando todos los miembros del equipo profesional trabajan generando, compartiendo y usando colaborativamente la información técnica del proyecto a través de un modelo único, integrado y centralizado (ACG, 2010; Aranda-Mena et al., 2008; Azhar et al., 2008; Eastman et al., 2008; Gu et al., 2008; Kiviniemi, 2008; McGraw-Hill, 2012; entre otros).

Sin embargo, en países o industrias con un nivel inicial de penetración de BIM es difícil encontrar equipos completos de profesionales con las suficientes capacidades técnicas para participar de un proceso así.

Según explica Rogers (1995), el proceso de difusión de innovaciones tecnológicas comienza con un número reducido de innovadores, aventureros y líderes tecnológicos que adoptan experimentalmente una tecnología y que luego, progresivamente, va creciendo en la medida que el resto de la población se entusiasma al percibir los beneficios recibidos por los primeros usuarios.

Pero en el caso de BIM, cuando sólo un grupo de aventureros utiliza la tecnología de manera aislada, los beneficios que ellos obtienen son inferiores a los que alcanzarían con un trabajo integrado y colaborativo, y por lo tanto, podrían no ser lo suficientemente atractivos como para entusiasmar a aquellos más

renuentes. Es, por ejemplo, el caso típico de un estudio de arquitectos que utiliza BIM únicamente para sus procesos internos de visualización y generación de documentación planimétrica, pero no para la modelación y coordinación de instalaciones o para la planificación y simulación 4D de la fase de construcción.

Para enfrentar este problema, la experiencia internacional muestra diversas estrategias de difusión, impulso y masificación de BIM, siendo todas coincidentes en una participación relevante, coordinada y comprometida entre los principales actores públicos y privados de la industria (Wong et al., 2009, 2010).

Por ejemplo, en Estados Unidos, el gobierno, apoyado por asociaciones profesionales y universidades, utilizó su poder de cliente para impulsar la industria por medio del requerimiento de uso progresivo, pero obligatorio, de BIM en proyectos públicos licitados por la General Services Administration [GSA] y en proyectos militares desarrollados por el U.S. Army Corps of Engineers [USACE] (Hagan et al., 2009; USACE, 2006). En la región escandinava -que ostenta uno de los mayores índices de uso de BIM en el mundo- los gobiernos de Finlandia (a través de Senaatti-kiinteistö) y Noruega (a través de Statsbygg), en conjunto con el sector privado y académico (a través de buildingSMART Nordic) desarrollaron estándares obligatorios de entrega de información IFC para proyectos públicos (Karlshoj, 2014). En Australia, una asociación entre sectores gremiales, públicos y académicos (entre ellos, el Australian Institute of Architects y Cooperative Research Center) ha liderado el proceso de difusión

tecnológica, desarrollando proyectos de educación, investigación y regulación sectorial (Fussell et al., 2009). En Singapur, Suecia, Dinamarca o Reino Unido pueden encontrarse iniciativas similares.

Este artículo muestra una aproximación diferente. En Chile, el uso de BIM ha sido impulsado por un grupo pequeño de empresas privadas que vieron en el bajo desarrollo tecnológico de la industria una oportunidad para ofrecer servicios externos de creación y gestión de modelos BIM para equipos profesionales que no cuentan con el conocimiento tecnológico. Gracias a estas empresas, los beneficios del uso integrado de BIM se hicieron visibles y alcanzables para todos, y así, sin pretenderlo, se convirtieron en los agentes claves para entusiasmar al resto de la población a adoptar internamente y difundir la tecnología en el país.

2. ANTECEDENTES

En Chile, el nivel de utilización de tecnologías de información en el sector de edificación es limitado. Si bien el uso de CAD es masivo, se trata, en general, de un uso elemental o básico. No existen estándares digitales CAD nacionales ni sectoriales, ni tampoco la legislación chilena permite la entrega de información digital a entidades públicas para aprobación de permisos de construcción. Los problemas de descoordinación, incongruencias y falta de información derivados de malas prácticas de transferencia de información digital son recurrentes (Loyola, 2008).

La tecnología BIM existe en Chile desde fines de los 90 (Graphisoft, 1999), pero no fue hasta la primera mitad de la década del 2000, con la introducción de Autodesk Revit Architecture, que comenzó un proceso generalizado de difusión y crecimiento en el país. No obstante, se trató de un uso aislado en un puñado de oficinas de arquitectura y construcción, y sólo de manera parcial, limitado, no integrado ni colaborativo.

Desde 2005 el uso de BIM comenzó a expandirse en empresas de Gerenciamiento de Proyectos (Project Management) y de Inspección Técnica de Obras. Acostumbradas a los problemas de descoordinación, incongruencias y falta de información en los proyectos, estas empresas decidieron utilizar la tecnología para administrar e inspeccionar de mejor manera los

proyectos. Desarrollaron equipos internos de modeladores BIM que asumieron toda la carga de creación y gestión de modelos BIM únicos, integrados y colaborativos para los proyectos, sin necesidad que los proyectistas y el resto del equipo profesional dominara la tecnología. A pesar del costo que implica mantener un equipo especial dedicado a construir los modelos BIM, las reducciones de costo en obra probaron ser mayores. El mercado reaccionó con rapidez y en 2010 ya existían docenas de empresas privadas que ofrecían servicios externalizados de modelación y coordinación BIM. Sin pretenderlo, estas empresas permitieron (y continúan permitiendo) que empresas de arquitectura, ingeniería o construcción conozcan y prueben los beneficios de BIM sin necesidad de asumir los costos (y riesgos) de implementar la tecnología internamente. Más aún, tal como explica Rogers, en la medida que los beneficios se han hecho visibles, más y más empresas han decidido adoptar la tecnología, desencadenándose un proceso de difusión a nivel nacional de la tecnología que continúa hasta hoy, y que, irónicamente, conlleva una demanda cada vez menor por servicios externos de modelado BIM.

3. METODOLOGÍA

Este artículo ilustra este proceso de difusión de BIM a partir de 2 estudios cuantitativos desarrollados en 2011 y 2013.

El primer estudio, desarrollado en Abril de 2011, consistió en una encuesta de alcance nacional destinada a medir el nivel de adopción de BIM en Chile y detectar factores influyentes en su masificación futura. Constó de un cuestionario web, autoadministrado, adaptativo, de 18 ítemes variables, distribuido en oficinas de arquitectura, ingeniería y construcción inscritas en el Registro Nacional de Contratistas del Ministerio de Obras Públicas de Chile. Se obtuvieron 161 respuestas de oficinas, con un margen de error menor al 7% para un 90% de confianza. Detalles de este estudio se encuentran en Loyola y Urrutia (2012).

El segundo estudio, desarrollado en Octubre de 2013, consistió en una encuesta de alcance nacional destinada a caracterizar más profundamente el estado a la fecha de adopción de BIM en Chile. Constó

de un cuestionario web, autoadministrado, adaptativo, de 36 ítems variables, distribuido en oficinas de arquitectura, ingeniería y construcción inscritas en los registros de la Cámara Chilena de la Construcción, del Colegio de Arquitectos, del Colegio de Ingenieros y de la Corporación de Desarrollo Tecnológico de Chile. Se recibieron 810 respuestas, de 14 ciudades diferentes, con un margen de error menor al 4% para un 95% de confianza. Detalles de este estudio se encuentran en Loyola (2013).

Es necesario hacer dos precisiones metodológicas. Primero, es conservador considerar que en una encuesta online y autoadministrada los datos podrían estar sesgados positivamente, ya que es probable que quienes estén interesados en el tema del estudio respondan más que quienes no lo están. No obstante, los métodos de muestreo usados en estos estudios cumplen con el benchmark en la industria internacional para estudios equivalentes (Mc-Graw Hill, 2012 y similares). Segundo, ambos estudios no son estadísticamente comparables en resultados individuales de ítems, ya que sus metodologías de muestreo no son totalmente idénticas. Por lo tanto, no se ofrecen datos cuantitativos de tendencia, tales como crecimiento o razones de cambio. No obstante, estos estudios sí son útiles para caracterizar la industria en dos momentos distintos, y desde ahí, comprender el rumbo que ha seguido el proceso de difusión y masificación de BIM en Chile.

4. RESULTADOS

4.1 Resultados de caracterización de uso de BIM en 2011

Un 25% de los respondientes manifestaron ser usuarios de BIM, en cualquier nivel de uso. De este porcentaje, más de la mitad (53%) son oficinas de arquitectura. Un considerable 13% de respondientes señalaron ser “usuarios indirectos” de BIM; es decir, quienes han subcontratado el modelamiento y coordinación BIM a empresas de gerenciamiento de proyectos, ITOs o empresas especialistas en modelación BIM (Figura 1).

El software más usado es Autodesk Revit Architecture (53%), pero seguido muy de cerca por Graphisoft ArchiCAD (47%). Todos los otros productos muestran usos menores al 6%.

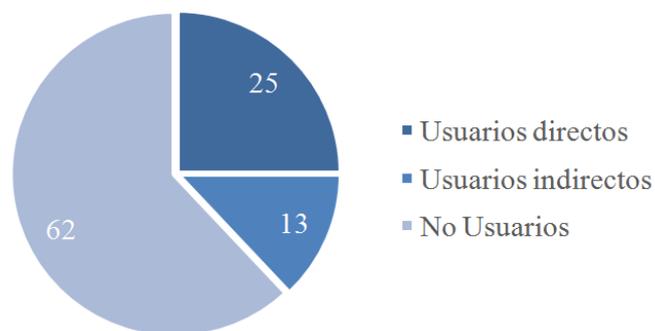


Fig. 1 Cantidad de usuarios directos, indirectos y no usuarios en 2011

En los usuarios directos, es decir, quienes usan la tecnología internamente, el principal uso de la tecnología es la visualización durante el diseño (88%) y la producción de documentos de construcción. La coordinación de especialidades es reducida (44%), y otras funciones más avanzadas son muy minoritarias (cubicaciones 12%, programación de obras 6%) (Figura 2). En cambio, en los usuarios indirectos, el uso principal es la coordinación de especialidades (100%) y las funciones avanzadas tienen un uso mayor (cubicaciones 36%, programación de obras 29%).

Los respondientes indicaron que las principales razones para fomentar la implementación masiva de BIM son: que sea usado por otros profesionales de otras empresas (79%), que sea necesario para trabajar con otros profesionales de nuestra empresa (71%), que sea requerido por el cliente (60%) o que se integren profesionales capacitados a la empresa (60%). Interesantemente, se trata sólo de razones sociales. Los factores técnicos o económicos (costo de software, interoperabilidad, costo capacitación, etc.) no fueron significativos en ningún segmento.

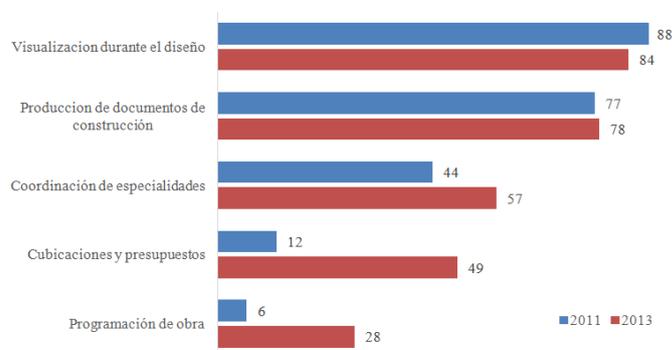


Fig. 2 Factores influyentes para la masificación de BIM, 2011 y 2013

El nivel de satisfacción con la tecnología es un dato interesante: entre los usuarios directos es de 8.7 (escala de 1 a 10), mientras que para usuarios indirectos es sólo 7.0. Entre los usuarios que utilizan BIM para funciones avanzadas el nivel de satisfacción se dispara a 9.2 (Figura 4).

4.2 Resultados de caracterización de uso de BIM en 2013

Un 37% de los respondientes manifestaron ser usuarios de BIM, manteniéndose a los arquitectos como el grupo más activo (45%). La cantidad de usuarios indirectos es considerablemente menor (2%), siendo los constructores los principales (4%) y los arquitectos los menores (1%) (Figura 3).

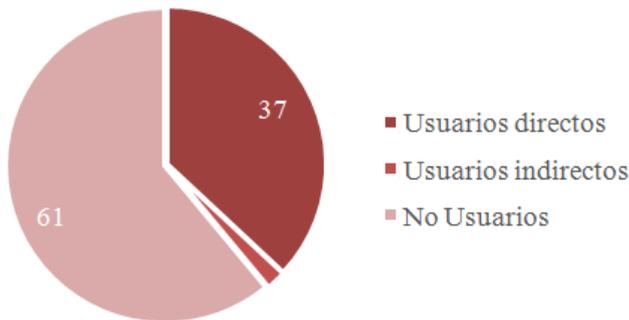


Fig. 3 Cantidad de usuarios directos, indirectos y no usuarios en 2013

El liderazgo de Autodesk Revit Architecture está consolidado (77%), seguido de Graphisoft ArchiCAD (31%) y, más de lejos, Tekla Structures (5%) y Bentley Architecture (3%). Notablemente, Autodesk Navisworks, un software orientado a la coordinación de proyectos, destaca con un 40% de uso.

Los principales usos se mantuvieron: visualización durante el diseño (84%) y la producción de documentos de construcción (78%). Sin embargo, entre los usuarios directos las funciones más complejas tienen una participación mayor: coordinación de especialidades (57%), cubicaciones (49%) y programación de obras (28%) (Figura 2).

Los factores percibidos como más influyentes para masificar el uso de BIM son tanto sociales como técnicos-económicos: que otros profesionales los usen (75%), que el software tenga menor costo (70%), que se regule como documento oficial de

proyecto (68%) o que exista un estándar o norma local (65%).

El nivel de satisfacción general de los usuarios directos es de 8.4 (en una escala de 1 a 10), siendo los coordinadores BIM (8.9), los ingenieros estructurales (8.7) y los arquitectos (8.4) los segmentos con mejor percepción. Entre usuarios indirectos, el nivel de satisfacción es sólo 5.9 (Figura 4).

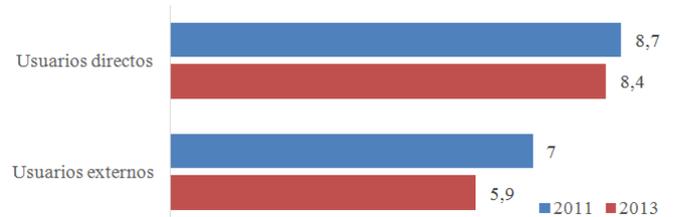


Fig. 4 Nivel de satisfacción con la tecnología (escala 1 a 10), 2011 y 2013

5. DISCUSIÓN

Los datos describen un crecimiento de BIM, transversal a todos los grupos profesionales, caracterizado por un aumento de usuarios directos y una disminución de usuarios indirectos. En otras palabras, la industria transita desde un uso basado en la subcontratación de empresas externas de servicios de modelado y coordinación BIM hacia un uso basado en la implementación propia en cada empresa. Notablemente, la proporción de no usuarios es similar en ambos estudios (~60%), lo que no necesariamente significa que se trate del mismo grupo de personas.

Se observa que el crecimiento de los usuarios directos está aparejado con una sofisticación del uso de la tecnología. En 2011, la mayoría de los usuarios directos utilizaba sólo funciones básicas, siendo las aplicaciones más avanzadas realizadas únicamente por empresas externas. En cambio, en 2013, por lo menos la mitad de los usuarios directos realizaba funciones avanzadas, incluyendo las aplicaciones que antes eran exclusivas a empresas externas (e.g. coordinación de especialidades, cubicaciones o presupuestos).

La teoría señala que, si bien el uso indirecto de BIM a través de una empresa externa es beneficioso, el uso de manera directa –sin intermediarios– es más beneficioso aún. Los resultados son concordantes: los usuarios directos se sienten más satisfechos con

la tecnología que los usuarios indirectos, en todas las mediciones. Más aún, el nivel de satisfacción de los usuarios indirectos decayó en el período estudiado, mientras que el nivel de satisfacción de usuarios directos se mantuvo constante o creció en ciertos segmentos. Esto podría deberse a que en una industria con BIM más difundido los clientes indirectos están más informados y son más exigentes con las empresas externas que subcontratan.

Junto con el claro crecimiento de los usuarios directos y avanzados de BIM, los resultados también muestran una transformación de las necesidades y requerimientos de la industria para impulsar su desarrollo. En 2011, los principales factores señalados como necesarios para estimular la implementación masiva de BIM fueron de tipo social (i.e. que otros profesionales usen BIM). Los profesionales y empresas necesitaban ver que la transformación hacia BIM se trataba de una tendencia general de la industria y que el inherente riesgo de cambio era compartido por todos. En cambio, en 2013, con una industria más asumida en la masificación de BIM, los factores técnicos-económicos comienzan a ser percibidos como relevantes (i.e. que exista una norma o estándar local).

Este estudio también muestra una consolidación de Autodesk Revit por sobre otras opciones de software, notablemente Graphisoft ArchiCAD, lo que en parte puede explicarse por el dominio absoluto que Autodesk tiene en Chile con su producto AutoCAD.

La transformación que se observa en la industria parece sugerir que, en un comienzo, las empresas proveedoras de servicios BIM permitieron a profesionales sin conocimiento acceder a los beneficios de la tecnología en un uso integrado y colaborativo. Aunque el uso de BIM de manera indirecta es menos eficiente que su uso directo por parte del equipo de proyecto, las reducciones de costos en obra probaron ser mayores. En comparación con los usuarios directos iniciales, los beneficios de las empresas externas eran mayores, más atractivos y más visibles. Esto desencadenó el interés de profesionales y empresas que comenzaron a implementar la tecnología de manera interna y a utilizarla de manera directa, con funciones cada vez más avanzadas, integradas y colaborativas. La demanda por servicios externos se redujo, como también su evaluación de satisfacción.

La industria, en general, comenzó a transitar hacia una mayoría de usuarios directos y avanzados, que explotan los beneficios de la creación y utilización de modelos BIM integrados y colaborativos.

A pesar de este crecimiento, se observa que el principal desafío es aumentar la cantidad total de usuarios, especialmente atrayendo a quienes no son usuarios (ni directos ni indirectos), y que probablemente no conocen los beneficios que conlleva la tecnología

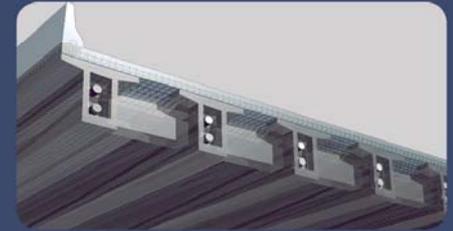
6. CONCLUSIONES

Este artículo muestra el proceso de difusión y masificación de BIM en Chile a partir de dos estudios cuantitativos realizados en 2011 y 2013. En particular, se analiza el rol que un grupo de empresas privadas de servicios externos de modelación y coordinación BIM han tenido estimulando la masificación general de la tecnología.

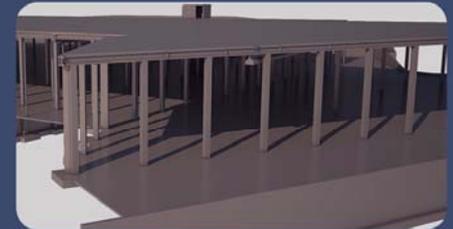
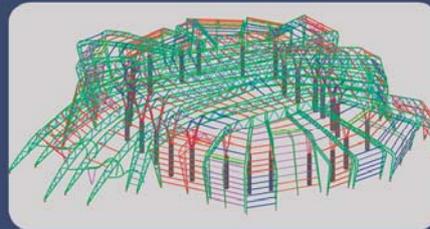
Aunque los resultados no son totalmente concluyentes, pues se requiere un estudio longitudinal de mayor duración para establecer correlaciones claras, los datos sugieren que existe un crecimiento de BIM en la industria caracterizado por un tránsito desde un uso externo, basado en la subcontratación de servicios de modelamiento, hacia un uso directo y avanzado. Las empresas externas proveedoras de servicios BIM disminuyen su participación en el mercado y caen en su evaluación de satisfacción, mientras que los usuarios directos crecen en número y proporción, comienzan a utilizar funciones avanzadas e integradas de la tecnología y mantienen o crecen en su evaluación de satisfacción.

Los datos parecen apuntar a que las empresas externas de servicios de modelamiento y coordinación BIM han jugado un papel clave en la difusión de la tecnología, especialmente en un primer momento, al visibilizar y permitir a equipos profesionales acceder a los beneficios que se alcanzan con el uso integrado y colaborativo de la tecnología. Pero tan pronto como la mayoría de usuarios comienza a implementar internamente la tecnología, entonces los servicios de las empresas externas se hacen redundantes. A pesar de esto, se observa que el principal desafío es disminuir el grupo mayoritarios de no usuarios, especialmente aquellos que todavía no conocen los beneficios de la tecnología.

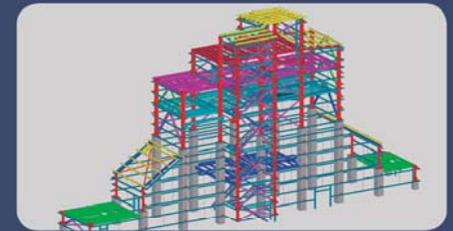
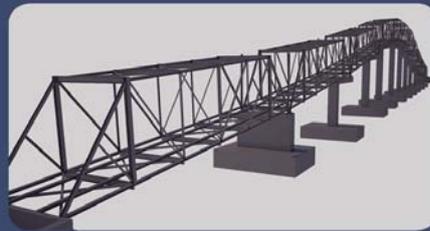
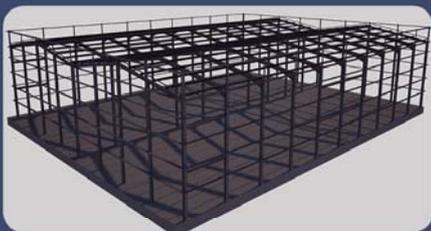
OBRA CIVIL (Puentes, Obras Soterradas, Obras Hidráulicas)



EDIFICACIÓN (Infraestructuras, Dotacional / Viviendas, Instalaciones Deportivas)



INDUSTRIAL (Transportes, Naves Industriales, Plantas de Tratamiento)



SERVICIOS BIM

Plan BIM
Modelado
Planos
Visualización e Infografías 3D
Mediciones
Coordinación BIM de Estructuras, PDMS, Arquitectura e Instalaciones
Revisión de Interferencias de Estructuras, PDMS, Arquitectura e Instalaciones
Planificación 4D
Formación
Consultoría e Implantación
Asistencia Técnica (Cesión de Personal)

SERVICIOS CAD

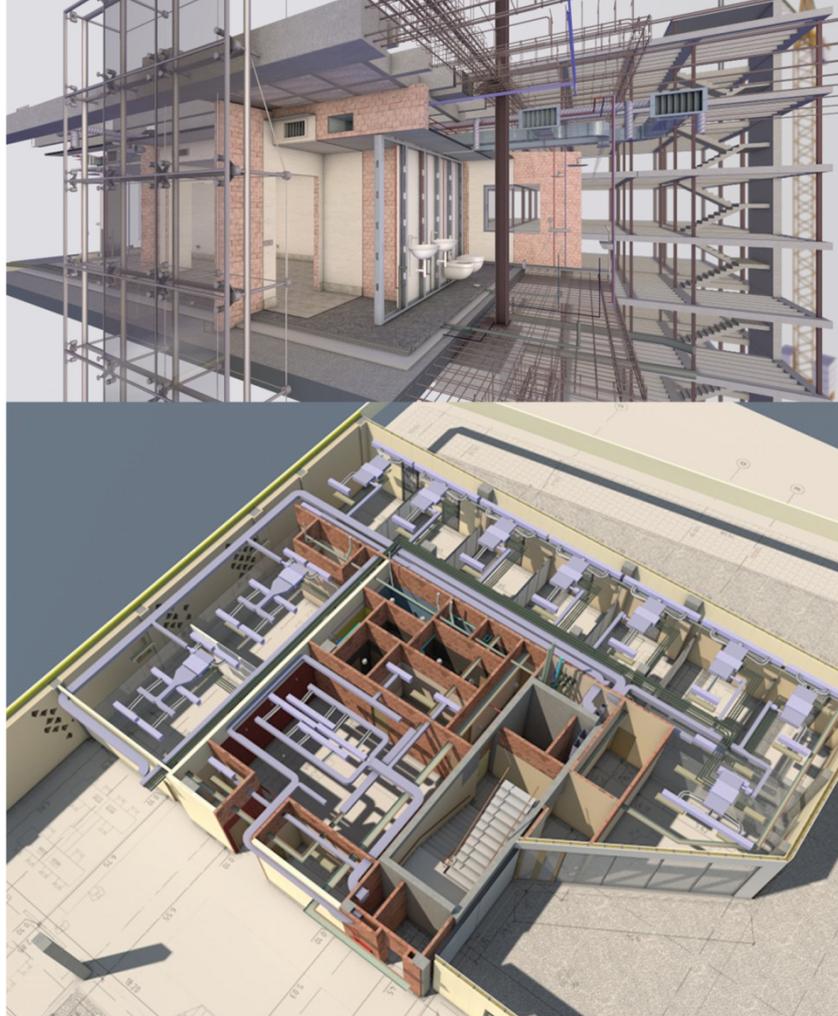
Planos Generales
Definición Geométrica
Definición, Detallado y Despieces de Armadura
Definición y Detallado de Pretensado
Definición, Detallado y Despieces de Estructuras Metálicas
Proyecto de Fabricación de Estructuras Metálicas y de Armaduras
Planos As Built
Mediciones
Formación
Consultoría e Implantación
Asistencia Técnica (Cesión de Personal)



7. REFERENCIAS

- Allen Consulting Group [ACG] (2010). Productivity in the buildings network: assessing the impacts of Building Information Models. Report to the Built Environment Innovation Council. Sydney: Allen Consulting Group Pty Lt.
- Aranda-Mena, G.; Crawford, J.; Chevez, A. y Froese, T. (2008). Building Information Modelling Desmystified: Does it make business sense to adopt BIM?. Proceedings of the CIB W78 International Conference on Information Technology in Construction, Santiago, Chile.
- Azhar, S.; Hein, M. y Sketo, B. (2008). Building Information Modeling (BIM): Benefits, Risks and Challenges. Proceedings of the 44th ASC Annual Conference, Auburn (Alabama), EEUU, 2-5 Abril..
- Eastman, C.; Teichholz, P.; Sacks, R.; and Liston, K. (2008). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. Hoboken: John Wiley and Sons.
- Fussell, T.; Beazley, S. y Aranda-Mena, G. (2009). CRC-CI Project 2007-002-EP: National BIM Guidelines and Case Studies. buildingSMART National Conference, Septiembre.
- Graphisoft (1999). Graphisoft Signs Agreement to Acquire Archisoft S. A., Chile, to Form Its Eighth Worldwide Subsidiary. Comunicado de prensa. Budapest, Hungría, 17 de Junio. Disponible en: http://www.graphisoft.com/info/news/press_releases/chile.html [Recuperado 12 de Agosto de 2014].
- Gu, N.; Singh, V.; London, K.; Brankovic, L. y Taylor, C. (2008). Adopting Building Information Modeling (BIM) as Collaboration Platform in the Design Industry. Proceeding of the 13th Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, Chiang Mai (Tailandia), 9-12 Abril.
- Hagan S.; Ho, P. y Matta, C. (2009). BIM: The GSA Story. Journal of Building Information Modeling, Spring, 28-29.
- Karlshoj, J. (2014) Statements and Guidelines supporting open standards in the construction industries. buildingSMART International User Group.
- Kiviniemi, A. (2008). Benefits of Building Information Modeling. Presentation at buildingSMART Conference, Estocolmo (Suecia), 17-18 Septiembre.
- Loyola, M. (2008). La normalización del dibujo CAD en la producción de documentación técnica de arquitectura y construcción en Chile. XII Congreso Internacional de Grafica Digital, Sociedad Iberoamericana de Grafica Digital (SiGraDi), 1-5 Dic, La Habana, Cuba
- Loyola, M. (2013). Encuesta Nacional BIM 2013: Informe de Resultados. Departamento de Arquitectura, Universidad de Chile.
- Loyola, M. y Urrutia, R. (2012) Desafíos y propuestas para la implementación masiva de BIM en Chile. XVI Congreso Internacional de Grafica Digital, Sociedad Iberoamericana de Grafica Digital (SiGraDi), 13-16 Nov, Fortaleza, Brasil.
- McGraw-Hill Construction (2012). SmartMarket Report: The Business Value of BIM in North America: Multi-Year Trend Analysis and User Ratings (2007–2012). Bedford, MA: McGraw-Hill Construction.
- Rogers, E. M. (1995). Diffusion of innovations (4ta ed.). New York: The Free Press (Simon and Schuster).
- U.S. Army Corps of Engineers [USACE] (2006) Building Information Modeling (BIM): A Road Map for Implementation to Support MILCON Transformation and Civil Works Projects within the U.S. Army Corps of Engineers. Document ERDC TR-06-10 Omaha: Engineering Research and Development Center.
- Wong, A.K.D.; Wong F.K.W y Nadeem, A. (2009). Comparative roles of major stakeholders for the implementation of BIM in various countries. Proceedings of the International Conferences on Changing Roles: New Roles, New Challenges, Noordwijk Aan Zee (Países Bajos), Octubre 5-9
- Wong, A.K.D.; Wong F.K.W y Nadeem, A. (2010). Attributes of Building Information Modeling Implementations in Various Countries. Architectural Engineering and Design Management, Special Issue: Integrated Design and Delivery Solutions, 288-302.

TOTAL BIM consulting



TOTAL BIM PARA SUS PROYECTOS Y OBRAS

- **10 años** de experiencia en **BIM**
- Hacemos **TOTAL BIM** integrando arquitectura, estructuras, instalaciones, mediciones y certificaciones.
- Tecnología **BIM** consigue un ahorro del **3-6%** del PEM
- Reducción en materiales
- Reducción en tiempo de ejecución
- Resolución anticipada de conflictos

www.totalbimconsulting.com

SERVICIO BIM COMPLETO CON EQUIPO MULTIDISCIPLINAR

Somos arquitectos e ingenieros de estructuras, instalaciones y mediciones.

Expertos en **TOTAL BIM**, integramos todos los contenidos técnicos y económicos del proyecto.

Ofrecemos un servicio completo **BIM**, riguroso, eficaz y competitivo, adaptado a las necesidades del cliente.

Ciudad de la Justicia de Córdoba (España)



 (+34) 954 27 71 58

TOTAL BIM CONSULTING S.L.

info@totalbimconsulting.com

C/ Gerardo Diego 6, Local A. 41013 Sevilla. España

BUILDING INFORMATION MANAGEMENT: GESTIÓN CON LA NORMA INTERNACIONAL ISO 21500

Felipe Choclán Gámez (1)

Arquitecto

Dpto. de Construcción y Tecnología Arquitectónicas – Escuela Técnica Superior de Arquitectura – Universidad Politécnica de Madrid - España.

arquitecto@sachconsulting.com 670 62 45 78 – 965 14 22 02

Manuel Soler Severino (2)

Doctor Arquitecto

Dpto. de Construcción y Tecnología Arquitectónicas – Escuela Técnica Superior de Arquitectura – Universidad Politécnica de Madrid - España.

manueljose.soler@upm.es

Ramón Jesús González Márquez (3)

Ingeniero de Caminos Canales y Puertos

Management Practice – Ove Arup and Partners

ramon.gonzalez@arup.com 670 62 45 78 – 91 523 92 76

RESUMEN

Siempre ha habido momentos de cambios durante la historia de la construcción, y cada cambio ha sido estudiado profundamente. En la práctica actual la construcción presta una atención cada vez mayor a la Gestión y Dirección de Proyectos, y es por esto que las grandes organizaciones están adoptando herramientas que faciliten esta gestión.

La metodología BIM es una de estas herramientas, pero ha traído como consecuencia una separación de ideologías. Se ha empezado a comparar las diferencias entre la gerencia de un proyecto mediante el proceso tradicional y la gestión a través de esta metodología. BIM puede suponer una ventaja decisiva en el camino hacia una gestión eficiente.

A su vez BIM es un recurso de Gestión de Información, y como tal, puede ser utilizado para ilustrar el proceso completo de edificación, de mantenimiento e incluso de demolición. BIM es una plataforma abierta de información del proyecto disponible para todas los agentes involucrados (“stakeholders”) en el proceso de construcción. BIM, al igual que la ISO 21500, tiene procesos y procedimientos; y al igual que ésta, áreas de conocimiento y fases para cada entregable del proceso. BIM es la metodología que permite la compartición de la información de forma eficaz y fiable e ISO 21500 la Gestión de los procesos de compartición.

Palabras clave: BIM_MANAGEMENT, NORMA_ISO 21500

1. INTRODUCCIÓN

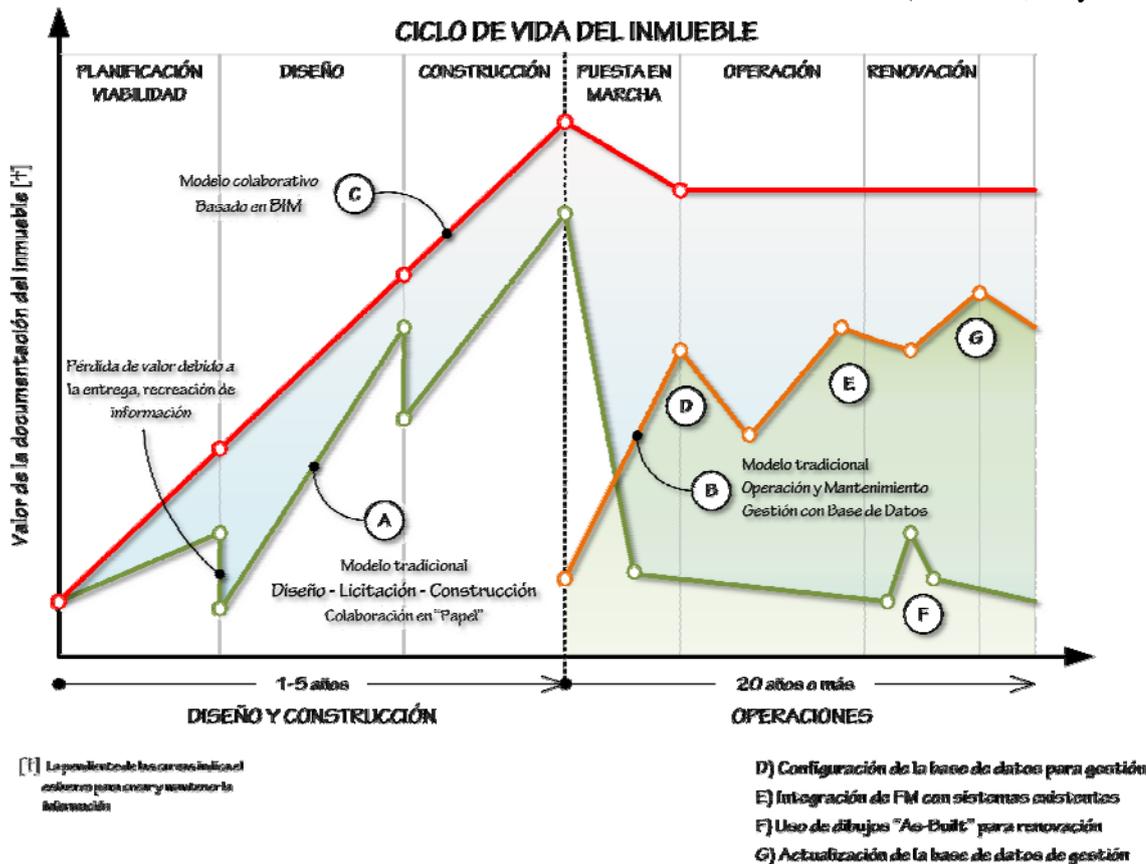
BIM es 90% Sociología, 10% Tecnología. La Industria de la Construcción debe buscar y aprender a trabajar de un modo diferente. Los flujos de información tradicionales son un gran problema y no es sostenible como se manejan, existiendo gran pérdida de información entre todos los interesados. En estos

momentos la información de los proyectos está fragmentada e incompleta. No obstante se piensa que para obtener un adecuado rendimiento de la implementación de BIM en los proyectos es preciso seguir unas pautas que garanticen el correcto desarrollo del mismo.

Building Information Modeling (BIM) es un proceso / tecnología que está ganando rápidamente la aceptación en las empresas de planificación, arquitectura, ingeniería, construcción, operaciones y mantenimiento, pero expertos en el sector opinan que la implementación exitosa de BIM en un proyecto no es un hecho trivial. Se piensa que mediante el desarrollo de un Plan de Proyecto que haga referencia a las herramientas y las técnicas de la metodología BIM partiendo de las directrices que plantea la norma ISO 21500, se asegura el éxito del proyecto.

pasar a operación puesto que necesitamos menos información para operar que para construir. La Norma ISO 21500 plantea desde el inicio establecer qué información se va a distribuir y a quién, identificando los stakeholders y gestionando la información desde un punto de vista global y pormenorizado para cada parte interesada en el proyecto.

Fig.1 “Representación gráfica de las pérdidas de datos durante el tiempo de vida de un edificio.” (BIM HANDBOOK SECOND EDITION-pág.153) (Eastman, C. y otros, 2011)



En la imagen anterior se comparan el proceso tradicional y el proceso de entrega BIM basado en la colaboración. La curva inferior, con forma de diente de sierra, ilustra las pérdidas de información en el proceso tradicional cuando vamos cambiando de fase en el ciclo de vida. No somos capaces de utilizar la información generada en fases anteriores y tenemos que producir de nuevo gran parte de la misma. Un ejemplo claro es la fase de operación y mantenimiento donde casi no se conserva información en la práctica, a pesar de supuestamente, haber producido un proyecto “as-built”. En la curva superior, al basarse en una metodología BIM la información se va creando de manera continua. Aparece una pérdida al

Por eso entendemos que BIM es una plataforma abierta de información del proyecto, disponible para todos los agentes involucrados en el proceso de construcción. Esto nos permite a todos los usuarios utilizar la información integrada del edificio de una manera más eficiente, pudiendo ser utilizada para ilustrar el proceso completo de la edificación, de mantenimiento e incluso de demolición (BSI, 2013) (BSI, 2014) (Richardas, M., 2010).

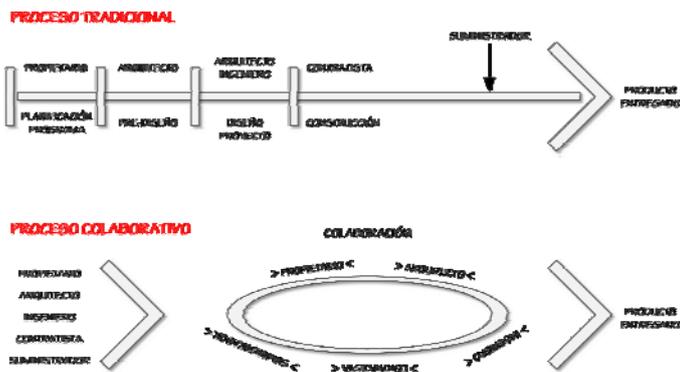


Fig. 2 Proceso Tradicional vs colaborativo. (Thomassen M., 2011)

En el sistema tradicional de construcción el flujo de trabajo es lineal y secuencial; desarrollándose en secciones: el propietario realiza el “Planning Program”, contrata al Arquitecto que realiza un Anteproyecto. Cuando éste acaba y tiene la aprobación empieza el proyecto básico. Hasta que éste no está acabado, las ingenierías no entran a trabajar y hasta que el proyecto no está totalmente acabado, no comienza el constructor. En un flujo de trabajo BIM, el proceso es colaborativo y se desarrolla de manera integrada y cíclica.

Trabajando con una metodología BIM todas las preguntas clave: *¿QUÉ?*, *¿CÓMO?* y *¿QUIÉN?*, se adelantan a fases más tempranas del proyecto, por lo que el riesgo y la incertidumbre son más fáciles de detectar.

Para lograr lo anterior BIM obliga a la comunicación de las partes, al trabajo coordinado y colaborativo. La norma ISO 21500 complementa este aspecto al plantear de qué modo gestionar la comunicación por medio de una serie de entradas y de salidas que aseguren el correcto intercambio de la información.

La colaboración entre los equipos de diseño, que intervienen en un proyecto, debe basarse en crear y producir información. Para esto se deben utilizar estándares, procesos, normas y métodos comunes, de modo que se asegure que la calidad y el contenido de la información que se crea y se obtiene pueden ser utilizadas y no da lugar a otras interpretaciones. La norma ISO 21500 ofrece un marco común, internacional y accesible para todas las empresas de Project Management, facilitando la gestión del proyecto entre los equipos de diseño. Esta información será accesible para todos a través de un repositorio compartido o un protocolo de intercambio. Los datos an-

tes de ser compartidos deberán ser verificados, aprobados y validados de acuerdo a los flujos de trabajo. Esto es lo que se conoce como un *Entorno Común de Información* (“*Common Data Environment*”).

El proyecto puede explicarse de manera más completa y fiable, con lo que las peticiones de intercambio de información en el momento de la obra serán menores, favoreciendo el trabajo de la dirección facultativa.

BIM también ofrece los beneficios de una mejora de la comunicación y la calidad de los directores de proyectos. Pueden ver la progresión del edificio durante la fase de diseño, disponiendo una mejor base para evaluar el programa y el presupuesto (pre-construcción). Se obtiene un mayor control en la fase de construcción.

2. OBJETIVOS DE BIM

La implementación BIM está enfocada a la realización de un modelo integrado (que no un único modelo), paramétrico y federado del Proyecto, encaminada a la consecución de los siguientes objetivos:

- **MODELO INTEGRADO:** Generar un modelo virtual con visibilidad 3D, pero con información, como los costes y una aproximación a la planificación (conocido por algunos autores como modelos 4D ó 5D), como única fuente de información paramétrica del Proyecto que contendrá por tanto toda la información necesaria para poder emitir la documentación (planos, cuadros de superficies...) que sea necesaria para el cliente, las Administraciones Públicas, futuros fabricantes y contratistas.
- **COMPRESIÓN DEL PROYECTO:** Facilitar la comprensión del Proyecto, su estructura, obra civil y sus instalaciones, para futuros usuarios y responsables de explotación y mantenimiento del mismo.
- **ANÁLISIS Y AUDITORÍA DEL PROYECTO:** Verificar el cumplimiento de programas de superficies y usos, comparando el programa deseado para el Proyecto, las medidas del mismo y las medidas generadas en el modelo.
- **DEFECTOS DEL PROYECTO:** Detectar las posibles inconsistencias en la documentación previa del proyecto.

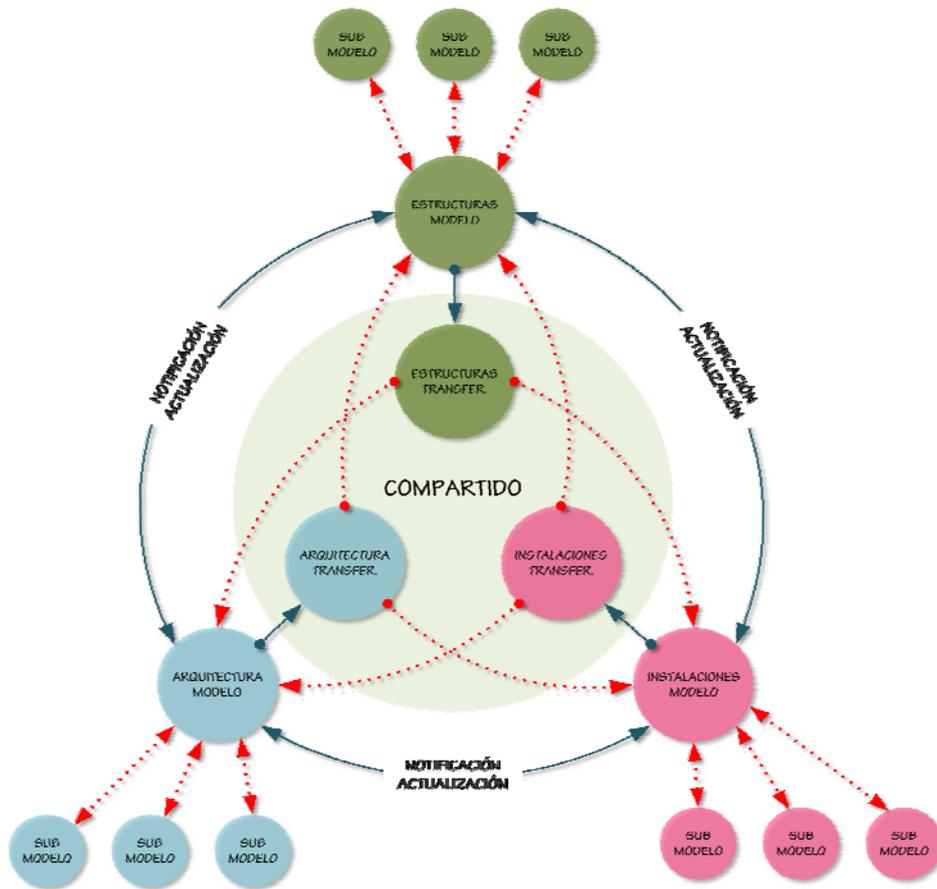


Fig. 3 Intercambio de información del modelo.
(AEC (UK) Initiative, 2012)

- **ANÁLISIS DE INTERFERENCIAS:** Detectar las posibles interferencias entre las distintas instalaciones. Suele ser habitual encontrarse en obra con problemas entre la estructura y las instalaciones. Anticiparse en fase de proyecto reduce retrasos y sobrecostos en la fase de construcción.
- **CONTROL DE LA MEDICIÓN:** Verificar posibles errores en la medición de forma previa a la adjudicación de los trabajos de construcción.
- **CONSISTENCIA DE LA INFORMACIÓN DEL PROYECTO:** Asegurar el equilibrio/veracidad de la información de los planos con la memoria, las tablas de superficies, los volúmenes, las mediciones de los elementos del edificio, para el uso correcto por parte de todos los agentes implicados en el proyecto.
- **INFORMACION CONTROLADA:** Control de acceso a la información de la base de datos del Proyecto por medio de autorizaciones por roles y sistemas de workflow. Se acaba con las múltiples versiones del mismo Proyecto en diferentes ubicaciones.
- **CONTROL DE CAMBIOS DEL PROYECTO:** Una vez modelizado y documentado el modelo,

cualquier cambio del mismo por grande o pequeño que sea se realizará sobre el modelo de manera que una vez realizado toda la documentación del proyecto se actualizará automáticamente sin necesidad de modificar uno a uno todos los planos, mediciones, tablas, y puede verificar que no interfieran con ninguna fase del proyecto.

- **CONTROL DE LA SEGURIDAD Y SALUD:** el modelo integrado permite detectar los riesgos antes de comenzar la obra y durante su ejecución, permitiendo que desde las fases tempranas se planifique la coordinación del Plan de Seguridad y Salud, reduciendo el porcentaje de accidentes en el lugar de trabajo durante la ejecución de la obra.
- **ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD:** Poder adaptar los criterios de sostenibilidad durante el ciclo de vida del proyecto sin verse afectado por la toma de decisiones y órdenes de cambio, optimizándose en cada momento según los criterios de sostenibilidad establecidos al inicio. Se optimiza el diseño del edificio para una mejor eficiencia en su funcionamiento y reducción de costos para todo su ciclo de vida. Acelera la certificación energética ya que el diseño y cálculos iniciales pueden ser utilizados para la verificación.



ASTECCO ingeniería | arquitectura

BIM

Asistencia Técnica

Ingeniería

Arquitectura

Formación

Preconstrucción y Proyectos de Ejecución BIM
Externalización de Proyectos BIM. Outsourcing
Coordinación entre Propiedad y Empresas Contratistas
Centralización en la Gestión de la Información y
Documentación del Proyecto

www.astecoingenieria.com

Plaza Mayor, 6 Villar de Cañas, Cuenca. T: 969 194 066

contacto@astecoingenieria.com

Para lograr estos objetivos BIM al igual que la ISO 21500, tiene procesos y procedimientos y al igual que ésta, áreas de conocimiento y fases, para cada entregable del modelo.

La realización de un proceso de implementación BIM, mediante la norma UNE-ISO 21500 nos proporciona las directrices para la dirección y gestión de proyectos con éxito.

3. ESTRUCTURA DE LA NORMA ISO 21500 Y EL PLAN BIM

En todos los proyectos se reconocen 5 grupos de procesos; INICIO, PLANIFICACIÓN, IMPLEMENTACIÓN, CONTROL, CIERRE (ISO 21500, 2013)

Asímismo se tienen 10 grupos de materias: INTEGRACIÓN, PARTES INTERESADAS, ALCANCE, RECURSOS, TIEMPOS, COSTES, CALIDAD, ADQUISICIONES, COMUNICACIÓN (ISO 21500, 2013)

La dirección de proyectos con metodología conjunta BIM+ISO21500 (BIM-MANAGEMENT) se puede estructurar en 39 procesos que vinculan los grupos de materia durante los cinco grupos de procesos, es decir, durante el ciclo de vida del proyecto y cada proceso se gestiona mediante una serie de entradas y salidas, que van controlando en cada momento el estado del proyecto, la información y en general la optimización de los recursos para obtener un proyecto BIM con mayor éxito que otro con gestión tradicional (ISO 21500, 2013). Apoyándonos en las pautas de la Norma ISO 21500 podemos planificar la gestión del proyecto para alcanzar los objetivos mencionados anteriormente, y dejar reflejados los requisitos en el Plan BIM.

GRUPO DE PROCESO DE INICIO:

Los procesos de inicio se utilizan para comenzar una fase del proyecto o el proyecto; para definir la fase del proyecto o los objetivos del proyecto y para autorizar al director del proyecto a proceder con el trabajo de proyecto.

Los principales procesos de este grupo de procesos son los siguientes:

- Acta de Constitución del proyecto.
- Identificar las partes interesadas.
- Establecer el equipo del proyecto.

La identificación de las partes interesadas es esencial para la elaboración del Plan BIM, ya que quedará reflejado desde el comienzo a quién distribuir la información, en qué medida y qué filtros emplear.

GRUPO DE PROCESO DE PLANIFICACIÓN:

Los procesos de planificación se utilizan para desarrollar los detalles de planificación. Este detalle debería ser suficiente para establecer líneas base contra las que se gestiona la implementación del proyecto y se mide y controla la ejecución del proyecto.

La Norma ISO21500 establece una serie de procesos en los que nos apoyaremos para desarrollar el Plan de Proyecto. Se entiende que el Plan BIM es un subproyecto del Plan de Proyecto.

- Desarrollar los Planes del proyecto.
- Definir el alcance.
- Crear la estructura de desglose de tareas.
- Definir las actividades.
- Estimar los recursos.
- Definir la organización del proyecto.
- Secuenciar las actividades.
- Estimar la duración de las actividades.
- Desarrollar el cronograma.
- Estimar los costos.
- Desarrollar el presupuesto.
- Identificar los riesgos.
- Evaluar los riesgos.
- Planificar la calidad.
- Planificar las adquisiciones.
- Planificar las comunicaciones.

Cabe mencionar que no todos los procesos anteriores se incluyen en el Plan BIM, no obstante, gran parte de ellos pueden hacer referencia al mismo. Así por ejemplo, para un tipo de proyecto determinado,

el plan de costos puede no venir reflejado en el Plan BIM si no es necesario. No obstante en el plan de costos seguramente haga referencia al Plan BIM, con la finalidad de matizar algunos aspectos.

GRUPO DE PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN:

Los procesos de implementación se emplean para lograr las actividades de la gestión de proyectos y para apoyar la producción de los entregables de acuerdo con los planes de proyecto.

Los principales procesos del grupo de procesos de implementación son los siguientes:

- Dirigir el trabajo del proyecto.
- Gestionar las partes interesadas.
- Desarrollar el equipo de proyecto.
- Tratar los riesgos.
- Realizar el aseguramiento de la calidad.
- Seleccionar proveedores.
- Distribuir la información.

Entre las partes interesadas que forman parte del Plan BIM resulta imprescindible definir desde el comienzo los canales de comunicación que se emplearán, con la finalidad de evitar riesgos relacionados con la distribución de la información. Es decir, las necesidades de la infraestructura tecnológica y la estrategia de ejecución.

GRUPO DE PROCESO DE CONTROL:

Los procesos de control se emplean para monitorizar, medir y controlar el desempeño del proyecto con respecto al plan de proyecto. Por consiguiente se pueden tomar acciones preventivas y correctivas y se pueden realizar las solicitudes de cambio, cuando sean necesarias, para lograr los objetivos del proyecto.

Los principales procesos del grupo de procesos de control son los siguientes:

- Controlar el trabajo de proyecto.
- Controlar los cambios.
- Controlar el alcance.
- Controlar los recursos.
- Gestionar el equipo de proyecto.

- Controlar el cronograma.
- Controlar los costos.
- Controlar los riesgos.
- Realizar el control de la calidad.
- Administrar los contratos.
- Gestionar las comunicaciones.

Como se ha comentado, controlar la medición de un modo eficiente, es uno de los objetivos principales de BIM, con el fin de minimizar los errores previos a la adjudicación. Lo mismo ocurre con el control de los cambios, de importancia máxima a lo largo del proyecto. Como mecanismo de control, el contrato es la herramienta fundamental que ha de quedar perfectamente definida tanto en el Plan de Proyecto como en el Plan BIM.

GRUPO DE PROCESO DE CIERRE:

Los procesos de cierre se utilizan para establecer formalmente que la fase del proyecto o el proyecto está concluido y proporcionar las lecciones aprendidas para que sean consideradas e implementadas según sea necesario.

Los principales procesos del grupo de procesos de cierre son los siguientes:

- Cerrar la fase del proyecto o el proyecto.
- Recopilar las lecciones aprendidas.

Recopilar toda la información en el “modelo integrado” resulta imprescindible para llevar a cabo la gestión del mantenimiento del edificio una vez finalizada la ejecución del mismo, y entregar al cliente toda la documentación que hace referencia al proyecto en un único modelo.

La Norma ISO21500, a diferencia de otras guías, manuales o certificaciones internacionales, permite que la Organización utilice sus propias herramientas y técnicas, posibilitando de esta manera la utilización de la metodología BIM, de acuerdo a las directrices que plantea la Norma.

4. CONCLUSIONES

Con la metodología BIM–MANAGEMENT-y las Directrices de la Norma Internacional-ISO 21500 se logra incluir a los “*Stakeholders*” –cliente, patrocina-

nadores, arquitectos, ingenieros, constructores, etc. en una fase más temprana del proyecto. De este modo se consigue hacer “*preconstrucción*” de modo que se minimizan Riesgos (en costes y planificación), con el consiguiente ahorro en tiempos y en costes, mejora de la calidad, de la Seguridad y Salud y de la Sostenibilidad. Gestionando los proyectos de forma normalizada, siguiendo las Directrices de la ISO 21500 y las herramientas y Técnicas de cada Organización.

Y en conclusión se MEJORA el PROCESO CONSTRUCTIVO.

5. REFERENCIAS

Eastman C. y otros, 2011, *BIM Handbook A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*, 2ª Edición, Hokoben NJ, John Wiley & Sons.

BSI, 2013, *PAS 1192-2:2013 INCORPORATING CORRIGENDUM No.1 Specification for Information Management for the Capital/Delivery Phase of construction projects using Building Information Modeling*, London, The British Standards Institution.

BSI, 2014, *PAS 1192-3:2014 Specification for Information Management for the Operational Phase of Assets using Building Information Modeling*, London, The British Standards Institution.

Richardas, M., 2010, *Building Information Management, a Standard Framework and Guide to BS1192*, London, The British Standards Institution.

Thomassen M., 2011 *BIM and Collaboration in the AEC Industry*, Aalborg, Aalborg University.

AEC (UK) Initiative, 2012, *AEC-UK-BIM PROTOCOL V.2*, London, AEC (UK) Initiative.

ISO 21500, 2013, *NORMA ISO 21500*, Madrid, AENOR.



EUROPEAN SUMMIT

Barcelona 2015

Primera cumbre europea sobre
Building Information Modelling (BIM)
y su repercusión en el sector
de la construcción

12 y 13 de febrero 2015

El **Colegio de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de Barcelona** y **BIM Academy** organizan la **primera cumbre europea sobre Building Information Modelling (BIM)** en la cual se presentarán las experiencias más representativas y se mostrarán los últimos adelantos de este nuevo método de gestión y seguimiento del ciclo de una construcción, que hay que conocer y dominar como un proceso para la mejora de la calidad, eficiencia y eficacia en cualquier proyecto y obra de edificación.

El **European BIM Summit** tendrá lugar los días **12 y 13 de febrero en Barcelona**. Constará de ponencias, *workshops* y visitas técnicas y se mostrarán las herramientas, servicios y productos que trabajan en este ámbito. La cumbre se dirige a técnicos y responsables de las administraciones públicas, promotores, despachos de arquitectura, ingenierías, consultorías de servicios, proveedores de materiales, *project & construction managers*, directores de ejecución, gestores de obra y *facility managers*... en definitiva, aquellos *decision-makers* que marcan el rumbo del sector.

Más información en: **www.bimsummit.eu**

Organizan:



COL·LEGI D'APARELLADORS, ARQUITECTES TÈCNICS
I ENGINYERS D'EDIFICACIÓ DE BARCELONA



BIM Academy®
Powered by WITS Institute



building**SMART**.
Spanish home of openBIM.

