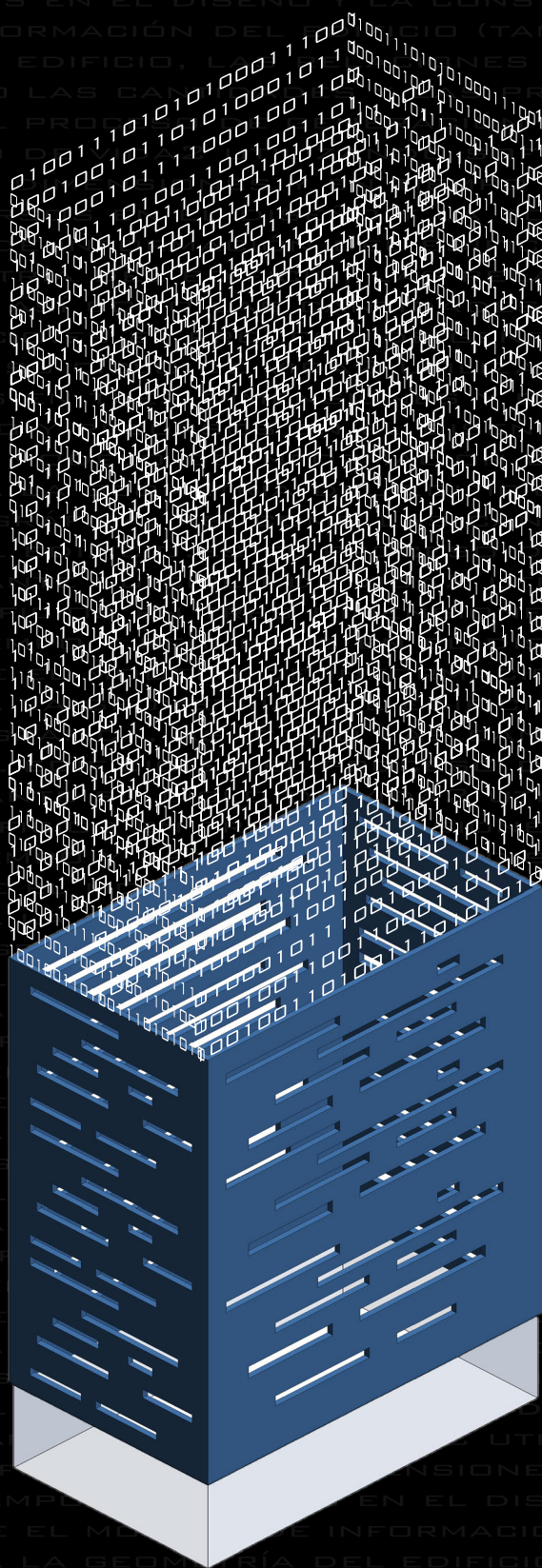


1^{ER} CONGRESO NACIONAL BIM

EUBIM 2013

24 Y 25 MAYO, UPV VALENCIA



BIM "LA EVOLUCIÓN NECESARIA"

2^º ENCUENTRO DE USUARIOS BIM EUBIM2013.UPV.ES

ORGANIZA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ENTIDADES COLABORADORAS



ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR
D'ENGINYERIA
D'EDIFICACIÓ



CAAT VALENCIA
Colegio Oficial de
Aparejadores, Arquitectos Técnicos
e Ingenieros de Edificación de Valencia

DEPARTAMENTO DE
CONSTRUCCIONES
ARQUITECTÓNICAS



DEPARTAMENTO DE EXPRESIÓN GRÁFICA
ARQUITECTÓNICA

Primera edición 2013

© Begoña Fuentes Giner (Editora)
Inmaculada Oliver Faubel (Editora)

© de los textos: los autores

© de la presente edición:
Editorial Universitat Politècnica de València
www.editorial.upv.es / Ref.: 6121

ISBN: 978-84-9048-064-9 (versión impresa)

Queda prohibida la reproducción, distribución, comercialización, transformación, y en general, cualquier otra forma de explotación, por cualquier procedimiento, de todo o parte de los contenidos de esta obra sin autorización expresa y por escrito de sus autores.

Impreso en España



PRESENTACIÓN

Querido y amable lector(a):

El documento que ahora mismo está leyendo es el resultado de una iniciativa pionera en España: el 1^{er} Congreso Nacional sobre Building Information Modeling (BIM), EUBIM-2013.

En plena crisis económica, golpeando con especial dureza a la construcción, este libro de actas del congreso EUBIM-2013 recoge el nutrido elenco de empresas, profesionales e investigadores que han apostado por la innovación, el desarrollo tecnológico y la anticipación y cambio en nuestro sector.

Queda pues esta obra como evidencia y registro en el futuro de los que empezaron en el universo BIM en nuestro país, de los adelantados a su tiempo, de los que decidieron apostar por el futuro sobreponiéndose al duro presente.

Ojalá existiese la posibilidad de incluir unos títulos de crédito donde apareciesen los más de 100 inscritos al congreso, para que, junto con los miembros del Comité Científico, el Organizador, los autores de comunicaciones y las empresas patrocinadoras, este documento fuese un fiel reflejo de que en EUBIM-2013 están todos los que son y son todos los que están.

Así lo creemos desde el Comité Organizador: en los próximos años, este congreso será recordado como el principio de una re-evolución necesaria en el sector nacional de la construcción. El punto de partida. Los trabajos técnicos y científicos aquí incluidos son el reflejo del estado de implantación del BIM en nuestro país a fecha de hoy. Las empresas patrocinadoras son las visionarias que apuestan por potenciar el I+D+i en construcción. Los miembros de los Comités Científico y Organizador, nos consideramos un grupo de “temerarios” que, a pesar de todos los factores en contra, creímos que merecía la pena invertir nuestro tiempo y esfuerzo durante muchos meses para organizar un encuentro con categoría de congreso científico. Los inscritos y asistentes al congreso lo hacen posible. Y la Universitat Politècnica de València, a través de la ETS de Ingeniería de Edificación, lo convierte en realidad.

Muchas gracias a todos por vuestra iniciativa y compromiso.

Bienvenidos a EUBIM-2013, la evolución necesaria.



COMITÉ INSTITUCIONAL

- Rector Magnífico de la Universitat Politècnica de València, D. Juan Juliá Igual.
- Presidente del Grupo de Usuarios Revit Valencia (GURV), D. Alberto Cerdán Castillo.
- Director de la ETS de Ingeniería de Edificación, D. Francisco Javier Medina Ramón.
- Director del Departamento de Construcciones Arquitectónicas-UPV, D. Manuel Valcuende Payá.
- Director del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica-UPV, D. Pablo Navarro Esteve.
- Presidente del Colegio de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de Valencia, D. José-Ramón Roca Rivera.

COMITÉ CIENTÍFICO:

- Francisco Ballester Muñoz (Universidad de Cantabria)
- Alberto Cerdán Castillo (Consultor BIM)
- Eloy Coloma Picó (Universitat Politècnica de Catalunya)
- Ernesto Faubel Cubells (Universitat Politècnica de València)
- Ángel José Fernández Álvarez (Universidade da Coruña)
- Begoña Fuentes Giner (Universitat Politècnica de València)
- Jaume Gimeno Serrano (Universitat Politècnica de Catalunya)
- Francisco Hidalgo Delgado (Universitat Politècnica de València)
- Óscar Liébana Carrasco (Universidad Europea de Madrid)
- Roberto Molinos Esparza (Consultor BIM, Modelical – IE University)
- Vicente Olcina Ferrándiz (Universitat Politècnica de València)
- Inmaculada Oliver Faubel (Universitat Politècnica de València)
- Miguel Rodríguez Niedenföhr (Universitat Politècnica de Catalunya)
- Rafael Sánchez Grandía (Universitat Politècnica de València)
- José Antonio Vázquez Rodríguez (Universidade da Coruña)



COMITÉ ORGANIZADOR: UPV-GURV

- Manuela Alarcón Moret
- Alberto Cerdán Castillo
- Amparo Ferrer Coll
- Begoña Fuentes Giner
- David Martínez Gómez
- Inmaculada Oliver Faubel
- Lorena Soria Zurdo
- José Suay Orenga
- David Torromé Belda
- Sergio Vidal Santi-Andreu

COLABORADORES: GURV

- Antonio Vaquer Mengual
- Ana Martínez Ibernón
- Jaime Pérez Dimmbier
- Vicente Cremades Gil
- Manolo Vilaplana Carbonell
- Josep Gilabert Alberola

PONENTES INVITADOS:

- Eloi Coloma Picó
- Sergio Muñoz Gómez
- José González Díaz

TEMAS DEL CONGRESO

Continuando con las líneas de investigación y divulgación que fueron tratadas durante el Primer Encuentro de Usuarios BIM (EUBIM-2012), celebrado en Mayo de 2012, donde los temas más destacados fueron: Iniciación al BIM, Organismos Nacionales relacionados con el BIM y Desarrollos Locales sobre aplicaciones BIM, hemos elegido y estamos interesados este año en recibir comunicaciones originales sobre:

1. BIM En La Universidad

Creemos que la Universidad debe ser un agente de cambio fundamental en la divulgación, formación e investigación de nuevas metodologías de gestión de proyectos de construcción. Los futuros profesionales del sector deberían finalizar sus estudios con un nivel competencial suficiente tanto en el conocimiento de estas metodologías como en el dominio de sus herramientas de aplicación. Del mismo modo, el fomento y obtención de resultados de investigación sobre este campo lo consideramos fundamental para la necesaria evolución de nuestro sector productivo.

Por todo ello, estaríamos interesados en recibir trabajos originales que muestren el estado del arte del nivel de implantación, progreso e investigación que en la universidad española se están realizando sobre la gestión de la información en proyectos de construcción, en los siguientes ámbitos:

1.1 Investigación

Comunicaciones originales resultantes de un trabajo de investigación (ya finalizado o en progreso) centrado en BIM o donde la metodología BIM juega un papel fundamental en la investigación.

En este campo están invitados a presentar comunicaciones autores de tesis doctorales, trabajos final de máster, proyectos final de grado y grupos de investigación o investigadores a título individual o colectivo.

1.2 Formación

Comunicaciones originales resultantes de la experiencia real de programar e implementar en el currículo de asignaturas regladas de grado y postgrado herramientas BIM: objetivos, posibilidades e inconvenientes, metodología formativa, trayectoria, resultados, futuro.

Comunicaciones originales resultantes de la experiencia real de programar e implementar el aprendizaje de herramientas BIM en formación continua, tanto en cursos específicos como seminarios de naturaleza académica y técnica: objetivos, posibilidades e inconvenientes, metodología formativa, trayectoria, resultados, futuro.

En este campo están invitados a presentar comunicaciones tanto el profesorado universitario como formadores BIM fuera del ámbito universitario que deseen presentar su experiencia docente específica en la formación y el proceso aprendizaje enseñanza de herramientas BIM.

1.3 Empleabilidad

Las salidas profesionales y las nuevas profesiones creadas como consecuencia del empleo de la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción.

Nos gustaría recibir comunicaciones originales sobre las expectativas de empleabilidad que puede tener el dominio de la metodología BIM, los requisitos de formación y capacidades que solicitan los empleadores y casos reales de profesionales que han encontrado empleo gracias a sus conocimientos en BIM: localización de la oferta de empleo, requisitos solicitados, demostración de competencias y capacidades del aspirante durante el proceso de selección, etc.

2. Interoperabilidad

Información sobre Ponencia y Comunicaciones

En el flujo de trabajo BIM es habitual que se requiera de varias aplicaciones para resolver una determinada fase del proceso en el que se está trabajando (diseño, documentación, mediciones, planificación, ejecución, uso y mantenimiento, etc). El intercambio de información entre los distintos programas determinará el éxito de la evolución de la metodología BIM. Este es el tema más técnico del congreso, estamos interesados en comunicaciones sobre:

2.1 Intercambio de datos entre aplicaciones

OpenBIM, IFC, COBie,...

Versiones existentes; presente y futuro.

Grado de adhesión de fabricantes nacionales e internacionales.

Visualizadores genéricos y libres.

2.2 Gestión integral del ciclo de vida del edificio

Tipos de datos con los que se opera en un flujo de trabajo BIM: modelo de arquitectura + modelo de estructura + modelo de instalaciones + datos de mediciones + datos de plazos + datos de costes + datos de prescripciones técnicas + datos de uso, explotación y mantenimiento, etc.

2.3 BIM en la cadena de los agentes del sector de la construcción

El aprovechamiento de la información del modelo BIM por todos los agentes de la construcción (Promotor, Proyectista, Constructor, Dirección Facultativa, *Suministradores, Organismos de Control, Project manager*).

2.4 El BIM y el usuario final

Valor añadido que aporta el BIM al usuario/gestor del inmueble, habida cuenta de que la fase de explotación es la más longeva.

2.5 Realidad aumentada

Esta tecnología, relacionada con el BIM, puede tener gran auge en un futuro cercano. Las posibilidades son múltiples. Por ejemplo, para el usuario, desde ver un edificio 'in situ' antes de ejecutarlo hasta vislumbrar las distintas posibilidades de acabados de una reforma antes de realizarla.

2.6 BIM y eficiencia energética

Diseño y análisis energético con herramientas BIM.

2.7 Industrialización y prefabricación

Posibilidades de prefabricación de sistemas o piezas como partes acabadas de una edificación. Similitud con otros productos de sectores más industrializados (aeronáutica, automoción,...).

2.8 El BIM y la ejecución de la obra

Ejecución de geometrías complejas con apoyo en obra de la información del modelo BIM. Replanteo de albañilería e instalaciones en obra con láser utilizando la información del modelo BIM.

3. Implementación BIM

Información sobre Ponencia y Comunicaciones

Se define el proceso de implementación BIM como el conjunto de acciones que posibilitan el cambio de la metodología tradicional de trabajo, sobre el control de la información generada en relación a una construcción, durante todo su ciclo de vida, por una nueva metodología basada en este concepto BIM.

Este proceso suele ser complejo, extenso en el tiempo, va asociado a grandes cambios y por lo tanto se suele encontrar resistencia al mismo, y no siempre termina con el final deseado si no se realiza adecuadamente.

Este sería el tema más práctico del congreso y estamos interesados en información sobre:

3.1 Experiencias reales

Testimonios de empresas locales que hayan implementado el BIM como metodología de trabajo, incluyendo la descripción del proceso que les ha posibilitado la adopción de esta nueva metodología, los problemas que han tenido que superar y los resultados obtenidos.

3.2 Casos de éxito

Redundando sobre el apartado anterior, buscamos información sobre los beneficios obtenidos como consecuencia de esta implementación, sobre todo en el terreno las nuevas oportunidades de negocio aportadas a la empresa como conciencia de la adopción de la metodología BIM como procedimiento de trabajo.

3.3 Estandarización

Creación de los estándares necesarios para implementar el BIM como metodología de trabajo en una organización.

3.4 Coordinación entre diferentes agentes del proceso constructivo

Soluciones de coordinación entre los diferentes agentes que intervienen en el proceso constructivo en nuestro país.

3.5 Nuevos roles

Nuevas profesiones que pueden haber surgido como consecuencia de la implementación BIM como metodología de trabajo en una empresa.

3.6 Adaptación de Flujos de Trabajo

Adaptación de los flujos de trabajo existentes en una empresa a los nuevos requeridos como consecuencia de la implementación BIM.

3.7 Generación de documentos de Construcción

Cambios en la documentación de construcción generada como consecuencia de la inclusión de nuevos métodos de producción de la misma.

ÍNDICE DE COMUNICACIONES

1. BIM EN LA UNIVERSIDAD

- CÓMO CURAR LA ENAJENACIÓN UNIVERSITARIA. E. Coloma.
- LA NECESIDAD DE UN MODELO DE INFORMACIÓN APLICADO AL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO. J. E. Nieto, J. J. Moyano, F. Rico, D. Antón.
- INTEGRACIÓN DE METODOLOGÍA S-BIM EN MÁSTER UNIVERSITARIO OFICIAL DE ESTRUCTURAS EN EDIFICACIÓN. O. Liébana, J. Agulló
- BIM... LUCES Y SOMBRAS, DOS AÑOS DESPUÉS. J.L. Martínez.
- FORMACIÓN BIM EN LA UNIVERSIDAD. UNA CLAVE PARA LA EMPLEABILIDAD. J. Perez
- EL BIM EN LA FORMACIÓN PROFESIONAL. INTEGRACIÓN EN LOS ESTUDIOS DE TÉCNICO SUPERIOR DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN. A. Mora.

2. INTEROPERABILIDAD

- ALGUNAS EXPERIENCIAS, TRES CLAVES Y UNA PROPUESTA PARA INTEGRAR EL MODELO BIM Y EL PRESUPUESTO. F. G. Valderrama, E. Sánchez.
- FLUJO DE TRABAJO ENTRE EL MODELO BIM ARQUITECTÓNICO Y ESTRUCTURAL. N. Martín-Dorta, M. Roldán, P. González de Chaves, J.L. Saorín.

3. IMPLEMENTACIÓN BIM

- IMPLEMENTACIÓN BIM EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE ESTRUCTURAS DE EDIFICACIÓN. M. Rodríguez.
- IMPLANTACIÓN BIM EN EL ÁREA DE EDIFICACIÓN. J. Revuelta, J. Arteaga, D. Barco.
- BIM IS NOT ENOUGH - ENTORNOS CONVERGENTES. T. Fernández.
- EL RENACIMIENTO EN LA NUEVA ERA TECNOLÓGICA. L. Amorrortu.
- POR UN ASCENSOR Y POR UNA VENTANA: LA UTILIZACIÓN DE BIM EN UNA REHABILITACIÓN INTEGRAL. A. Núñez, I. Pérez.
- INNOVACIÓN BIM EN UNA EMPRESA INTERNACIONAL DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA. V. González.

1^{er} Congreso Nacional BIM - EUBIM 2013

Encuentro de Usuarios BIM

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación

Universitat Politècnica de València

Valencia, 24 y 25 de mayo 2013



**1^º CONGRESO
NACIONAL BIM
EUBIM 2013**

BIM EN LA UNIVERSIDAD



CÓMO CURAR LA ENAJENACIÓN UNIVERSITARIA

Autor: Coloma Picó, Eloi (1)

(1) Universitat Politècnica de Catalunya. eloicoloma@eresus.com

RESUMEN

Si pretendemos que la universidad participe en el proceso de cambio que está aconteciendo en el sector de la edificación y que realmente sea capaz de formar a los futuros profesionales, debemos mejorar su conexión con el mundo empresarial. Para ello, es necesario superar el cierto grado de enajenación que afecta al entorno académico. En esta ponencia se proponen cuatro estrategias para conseguirlo:

- 1- Conectar con el presente. No es necesario predecir el futuro para diseñar un buen programa académico, sino estar atento a lo que pasa día a día para formar a los profesionales del futuro.
- 2- Ejercer la libertad de cátedra. La única forma de que haya evolución en una comunidad grande es romper con el principio de homogeneidad. Pero hay que saber ejercer este derecho dentro de un marco que no perjudique el funcionamiento del centro.
- 3- Implementar la mejora continua. En lugar de proyectar grandes cambios, es preferible planificar pequeños pasos que permitan un ritmo de evolución continuo.
- 4- Atreverse a liderar. A menudo esperamos que sean los demás los que inventen, sobretudo en formación. Pero si se aplican los tres primeros principios, el riesgo de innovar se reduce y los beneficios se multiplican.

Palabras clave: *Cátedra, Libertad, Presente, Renovación, Universidad.*

1 INTRODUCCIÓN

No podemos negar el hecho de que entre los profesionales del sector de la edificación impera la idea de que la formación universitaria prepara vagamente a los estudiantes para desempeñar una función en el mundo profesional (1). Esta percepción la comparten los propios alumnos, que echan en falta una mayor conexión entre sus estudios y el entorno laboral que les espera (2). Por otra parte, la mayoría de los docentes considera que su actividad no debe estar sujeta al interés directo del mundo empresarial, ya que su deber es el de formar a los ciudadanos en beneficio de una mejora colectiva de la sociedad, más allá de las necesidades circunstanciales de los sectores productivos.

Este principio ha contribuido, sin duda, a mantener la autonomía intelectual de la universidad, pero también ha propiciado un cierto estado de enajenación respecto a la realidad que se daba fuera de ella. Ahora, la crisis que atraviesa el sector de la edificación ha hecho que los profesionales busquen nuevos caminos y que demanden a las instituciones que les den soporte, incluyendo las académicas. El mundo profesional necesita agentes formados en nuevas metodologías de trabajo y capaces de utilizar tecnologías

avanzadas. También se pide que los centros universitarios hagan investigación aplicada, algo que en el sector de la edificación se ha llevado a cabo de forma muy residual.

La universidad, por su parte, ve amenazada su supervivencia, no sólo por la reducción de su financiación, sino también porque planea sobre ella la idea de que sus servicios están mal orientados y se encuentran sobredimensionados. Así que actualmente está más dispuesta que nunca a dar respuesta a las necesidades del mundo empresarial. De hecho, algunos docentes han intentado aprovechar la renovación de los planes de estudio que obliga la incorporación al Espacio Europeo de Educación Superior para dar respuesta a las nuevas necesidades curriculares. Pero a menudo sus expectativas se han visto reducidas porque renovar el currículo de una materia no es tarea fácil. Y mucho menos lo es renovar todo un proyecto educativo. Cuando un departamento aborda la cuestión de actualizar el contenido de las asignaturas de las que se ocupa se encuentra con serias dificultades. Primero, debe hacer una síntesis de todo el conocimiento que se tiene de una materia, ya que el tiempo disponible para transmitirlo es muy limitado y, segundo, debe conseguir que todos los docentes de una misma asignatura se capaciten para impartir estos nuevos contenidos, anteponiéndolos a sus propios intereses y campos de investigación. Todo esto precisa de un equipo directivo con férrea voluntad y de un nivel de acuerdo difícil de conseguir a poco que haya más de cuatro profesores implicados. Por esta razón, el resultado de este costoso proceso es, en muchos casos, un nivel y frecuencia de renovación bajos y un desarrollo poco innovador de la actividad docente, al inhibir la implicación de los docentes bajo el paraguas del consenso.

No obstante, estas dificultades pueden superarse enfocando los mecanismos de diseño curricular desde unas perspectivas que permitan superar las circunstancias que impiden a los docentes hacer progresar sus materias. En primer lugar, hay que admitir que no se puede programar en base a un futuro absolutamente impredecible y que, por lo tanto, hay que concentrarse en el presente. En segundo lugar, es necesario romper con la homogeneidad de las materias a fin de reflejar la diversidad del conocimiento. En tercer lugar, es necesario establecer dinámicas de mejora continua que se puedan sostener en el tiempo. Finalmente, la comunidad educativa debe crearse el papel que se le ha encomendado, cogiendo las riendas del liderazgo intelectual, sin esperar a copiar la innovación de otros.

2 CONECTAR CON EL PRESENTE

Los primeros seres humanos eran nómadas. Su estrategia de supervivencia se fundamentaba en su capacidad para cambiar de lugar según las estaciones del año o en busca de parajes con mayores recursos. Era algo para lo que estaban especialmente dotados, ya que el bipedismo les permitía desplazarse con bajo consumo energético y sus herramientas y ropajes, adaptarse a diferentes ecosistemas. Esta política permitió a nuestra especie colonizar gran parte del mundo al poder aprovechar los recursos de diferentes zonas geográficas. No obstante, a partir de un cierto momento muchas comunidades empezaron a volverse sedentarias. Este hecho, que empezó quizá por una cuestión bastante pragmática como la de aprovechar los recursos de un paraje especialmente bien situado, tuvo consecuencias de un alcance colosal. Aparecieron la propiedad privada, la metalurgia, la agricultura, la ganadería, la escritura, y por supuesto, la edificación (3).



Es evidente que los promotores de este proceso de transición hacia la vida sedentaria no podían prever ni planificar todas sus consecuencias, aunque probablemente sí que eran conscientes de la importancia que tenían sus iniciativas. Esta constatación de la imprevisibilidad del futuro, tan vigente en los tiempos actuales, es una realidad que golpea los paradigmas de la formación reglada tal y como la conocemos. Si se pretende preparar a los ciudadanos para ser provechosos profesionalmente en el futuro, ¿Cómo podemos programar una formación que capacite profesionalmente a alguien que va a hacer uso de ella al cabo de varios años? (4).

Ante esta pregunta podemos refugiarnos en la idea de encontrar aquello que es ineludible, la verdad inmutable que hay detrás de toda materia. Pero es muy probable que el valor relativo del conocimiento sea circunstancial, algo que precisamente es muy común en el campo tecnológico. El saber se desarrolla en torno a un contexto que tiene unas necesidades determinadas, así que lo que es indispensable hoy, seguramente no lo será en el futuro. Por otra parte, el conocimiento necesario para desenvolverse en el sector de la edificación es muy extenso y variable y, si nos concentramos únicamente en su denominador común estaremos dotando al alumno de un grado de capacitación ejecutiva pobre.

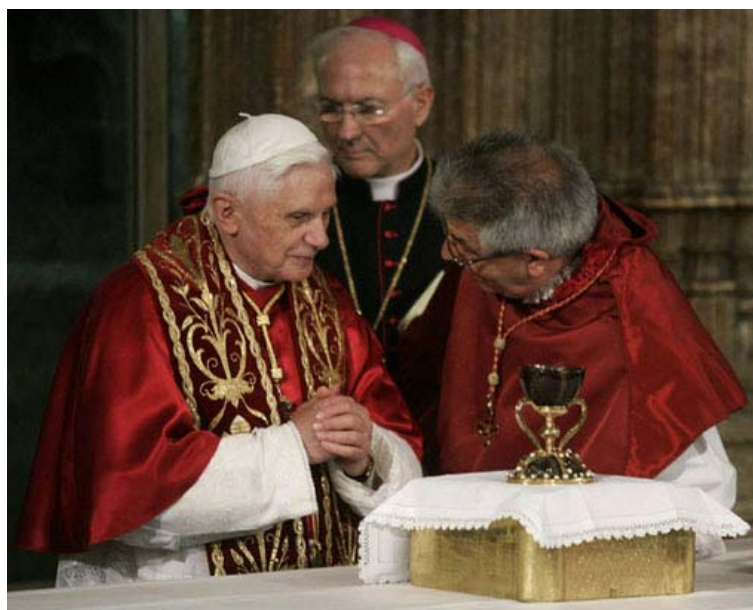


Fig. 1. Ante la duda, muchos buscan un Santo Grial que les dé seguridad. Pero hay otra alternativa más razonable: conectar con el presente. 2006. Agencia EFE.

La solución a este problema es la de concentrarnos en el presente. En lo que hoy es vigente, incluyendo las tendencias más consolidadas y las más novedosas. Todos los emprendedores tienen en común que están muy conectados con el contexto social y económico en el que viven. Sólo así pueden proyectar su visión hacia el futuro y, a la vez, hacer viable su existencia en el presente (5). Lo mismo debe hacer la universidad. Si imparte contenidos de actualidad, estará formando a individuos que se sentirán motivados al comprobar que lo que se les enseña está en conexión con los tiempos que viven. Además, se les educará de forma natural para mantener esta actitud respecto a ellos mismos. La industria de la edificación y la industria en general necesitan más que nunca profesionales

emprendedores y con una alta capacidad de autoaprendizaje (6) que aporten valor a la sociedad, no que pretendan vivir de ella (7).

Gracias a todo lo que se publica en Internet y a las redes sociales de profesionales, para un académico es sencillo seguir lo que pasa fuera de la universidad. Pero además de informarse, puede experimentar con su equipo muchas de las situaciones y flujos de trabajo que se dan en el entorno profesional. Aunque, obviamente, nada sustituye a la propia experiencia. Por eso es importante que una parte importante de los docentes tengan contacto con el mundo profesional colaborando con él. Esto redundará en beneficio de toda la sociedad, ya que los profesionales no suelen publicar sus actividades mientras que los académicos sí. De esta forma la universidad puede convertirse en una plataforma de divulgación técnica de gran valor empresarial (8).

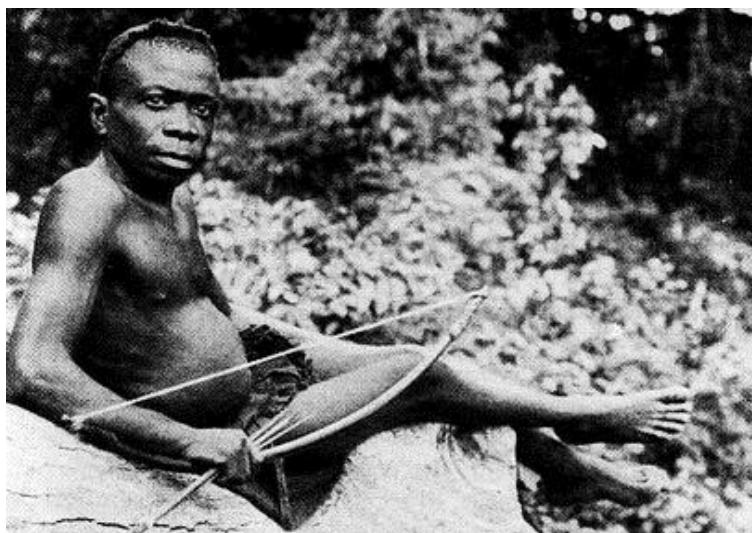


Fig. 2. Los Pigmeos, acostumbrados a tener que lidiar con los cambios constantes que sufre su entorno, tienen un dicho: "Si no es aquí y ahora, ¿Que importa dónde y cuándo?" (9).

3 EJERCER LA LIBERTAD DE CÁTEDRA

La globalización de recursos, personas y comunicaciones no sólo ha propiciado el crecimiento exponencial del conocimiento, sino también una gran diversificación y dispersión del mismo. Esto hace que existan varias maneras de afrontar una misma cuestión, cada una de ellas con sus especialistas. La docencia universitaria debe ser un reflejo de esta diversidad de conocimiento si aspira a formar individuos preparados para vivir y trabajar de forma constructiva en una sociedad cambiante.

No obstante, la mayoría de centros universitarios considera que todos sus alumnos deben recibir la misma formación, hecho que obliga a todos los profesores de una misma asignatura a consensuar los contenidos que imparten. Este principio, que parece bastante razonable, impide que esta diversidad pueda trasladarse a los programas académicos, ya que es imposible incluir todas las versiones de una misma materia en unas pocas asignaturas correlativas. Por otra parte, también impacta negativamente en la capacidad de renovación de los planes de estudio, ya que se ve entorpecida por esta necesidad de

acuerdo unánime. Lo mismo ocurre con la transferencia de contenidos procedentes de las actividades de investigación de los docentes, ya que resulta casi imposible debido a que estos suelen trabajar en campos de investigación diferentes.

La solución a estas limitaciones pasa por el ejercicio responsable de la Libertad de Cátedra en beneficio de una mayor autonomía curricular para los docentes. Este derecho está reconocido tanto por Espacio Europeo de Estudios Superiores como por la Ley Orgánica 6/2001 del Estado Español y asegura al profesorado la máxima independencia de criterio y expresión científicos en el cumplimiento de su función docente, siempre y cuando respete la organización académica del centro donde ejerce su actividad (10). Dado que una de las principales funciones docentes de los profesores es la de implementar el currículo que establece el plan de estudios de su universidad, parece lógico pensar que este derecho autoriza al profesorado a diseñar con cierta libertad los contenidos y las metodologías más adecuadas para impartir la materia que desarrolla (11). Por otra parte, la mayoría de planes de estudios son suficientemente abiertos como para permitir un margen de maniobra considerable, ya que suelen proteger la libertad de investigación y de enseñanza de sus miembros (12).

La aplicación de la Libertad de Cátedra a la definición de los contenidos curriculares de las asignaturas fomenta el espíritu crítico y abierto en el estudiante, aptitud indispensable para desenvolverse con éxito en el mundo contemporáneo. En segundo lugar, contribuye a incrementar la calidad académica, ya que el profesorado puede exponer su punto de vista como especialista, aprovechando su experiencia y motivación personal, en lugar de obligarle a predicar un temario común. Y en tercer lugar, la libertad de cátedra permite que los docentes puedan revertir los resultados de su actividad de investigación en las materias que imparten, manteniéndolos siempre vigentes.

Por otra parte, cuando se imparten diferentes visiones de una misma disciplina, es posible transmitir esta diversidad a los alumnos. Cada alumno sólo se forma en una de las versiones, pero, en conjunto, los estudiantes acceden a una formación multidisciplinar que podrán compartir en un futuro, tal y como ocurre en el entorno profesional por el que se están preparando. Es cierto que esta pluralidad a la hora de enfocar la docencia de una misma área de conocimiento podría llegar a desconcertar a los estudiantes, especialmente en los primeros cursos. Pero si admitimos que el espíritu crítico es un valor fundamental del estudiante universitario, deberíamos admitir también que pueda desarrollarlo entrando en contacto con diferentes maneras de entender una misma disciplina. Cuando los alumnos se encuentran con compañeros que han recibido formaciones diferentes, se hacen conscientes de otras realidades y sin duda enriquecen su formación (13).

A pesar de todas las ventajas descritas, es cierto que el ejercicio de la libertad de cátedra también tiene sus riesgos, ya que su implantación podría ser entendida como una puerta abierta hacia la anarquía académica y funcional si no se explica que esta libertad no exime al profesorado de tener que coordinarse con otros docentes a la hora de consensuar aspectos organizativos que garanticen el cumplimiento del encargo que se les ha asignado (14). En este sentido, el papel de figuras como son los responsables de las asignaturas y los directores de sección y de departamento es clave para regular los derechos y deberes de los profesores en el libre ejercicio de la docencia.



En mi opinión, esta regulación debe basarse en el consenso de los objetivos generales de los planes de estudio y en la transparencia académica. Por una parte, esto permite mantener una coherencia en el funcionamiento del centro y de su plan de estudios y por otra, evitar que se produzcan situaciones anómalas, ya que fácilmente quedarían expuestas gracias al compromiso de publicar todo lo que se hace a la comunicad educativa. Esta transparencia, además, promueve la coepetencia (competencia con cooperación) (15) entre los docentes, lo que se vuelve a traducir en mayor calidad académica.

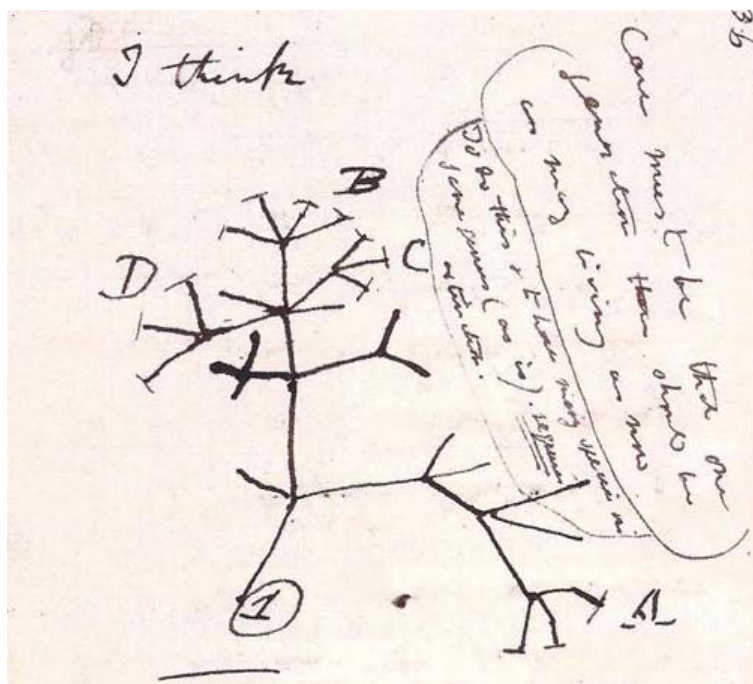


Fig. 3. El principio de la evolución de las especies indica que es necesario que se den mutaciones en algunos individuos para que su especie evolucione y pueda adaptarse a un entorno cambiante (16). 1837. Charles Darwin.

4 IMPLEMENTAR LA MEJORA CONTINUA

Una vez liberados del yugo de la homogenización académica, los profesores que imparten una asignatura pueden ponerse a diseñar los nuevos contenidos con cierta libertad. Siempre que hay que desarrollar algo nuevo, lo que se ha hecho tradicionalmente es invertir una gran cantidad de tiempo en planificar todo para después ejecutar el plan a rajatabla. Pero esta manera de proceder resulta poco eficaz porque hay muchas circunstancias que no se pueden prever en la planificación de un ciclo largo, así que normalmente los planes no salen como se ha previsto. Por esta razón, el ámbito del Project Management se está imponiendo una metodología que, sin entrar en detalles, lo que busca es planificar en base a ciclos cortos en los que al final de cada uno se pueda obtener un resultado tangible que permita, entre otras cosas, tomar decisiones que ayuden a planificar mejor el siguiente. Es lo que se comúnmente se conoce como Agile Project Management. (17).

Personalmente prefiero seguir esta estrategia a la hora de diseñar los cambios curriculares. No es aconsejable planificar todo de una vez y lamentarnos a final de curso de lo que no ha salido bien, sino establecer un marco general y, en base a pequeñas experiencias, ir

consolidando un cambio global. Pero hay que tener en cuenta que esta metodología requiere de una actitud de mejora continua para que el proceso de cambio no se quede a medio camino. De hecho, no hay que abandonar nunca este espíritu si pretendemos conectar la universidad con un presente que, recordemos, está en continuo cambio.



Fig. 4. La producción industrial hace tiempo que aplica con éxito el principio de mejora continua. 2009. Seat.

5 ATREVERSE A LIDERAR

Es evidente que en el sector de la construcción, el mundo de la empresa lleva la batuta en cuanto a innovación aplicada se refiere, especialmente en el mundo del Building Information Modeling. Esto no es debido al hecho de que en la universidad no se investigue. Se hace y sus resultados se publican asiduamente. Lo que ocurre es que al encontrarse enajenada del mundo empresarial, la mayoría de sus desarrollos no repercuten en él. Sin embargo, tiene el potencial de aprovechar su privilegiada posición para aportar valor a la sociedad como promotora de innovación tecnológica. En otros campos, como el de la medicina, ya es así.

Pero para que esto ocurra se debe romper con la tendencia natural a esperar a que otros agentes den el primer paso. ¿Cuántas veces hemos esperado a que algo este muy consolidado antes de decidir incorporarlo en nuestros currículos? Entonces la oportunidad ya habrá pasado para la mayoría de nuestros clientes, que disfrutarán de nuestro producto años después de haberlo adquirido. Innovar es hacer algo nuevo y para ello hay que estar delante, no detrás.

Una vez despojados de la necesidad de encontrar lo imperecedero, de implicar a todo el personal relativo a un grupo académico y de planificar todo con absoluta antelación, los riesgos y las inversiones necesarias para innovar se reducen considerablemente. Por otra parte, gracias a la diversidad promovida por la libertad de cátedra, los beneficios se multiplican al posibilitar que se creen sinergias entre las diferentes opciones académicas y entre los alumnos que las han seguido.

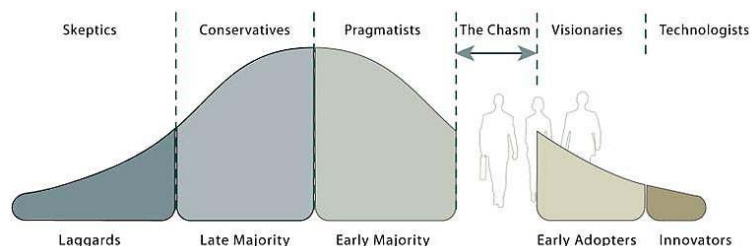


Fig. 5. La universidad tiene el deber de cruzar el abismo que nos separa de la innovación. 2008. ChangeAgents.com.au.

6 CONCLUSIONES

Renovar todo un currículum universitario no es tan difícil si se enfoca de la manera adecuada. Siguiendo los principios de transparencia y mejora continua es posible llevar a cabo un proceso de cambio natural sin crear demasiadas presiones internas. Este cambio debe apoyarse en la observación participativa del aquí y ahora. Solo así podremos formar a individuos realmente preparados para actuar en un presente convulso y en un futuro incierto. Es más, conseguiremos que tanto nosotros como nuestros alumnos participemos en el trazado de nuestro porvenir.

Por otra parte, la libertad personal y la colaboración abierta deben vertebrar el funcionamiento académico, a fin de agilizar los procesos de cambio y de conseguir una mejor calidad individual y colectiva. Tal y como ocurre en la naturaleza, la diversidad es un valor que asegura la supervivencia de un ecosistema (18). Debemos alejarnos del pensamiento único y plantearnos si lo que hemos aprendido hasta ahora nos es útil y, en caso contrario, ser capaces de abandonarlo.

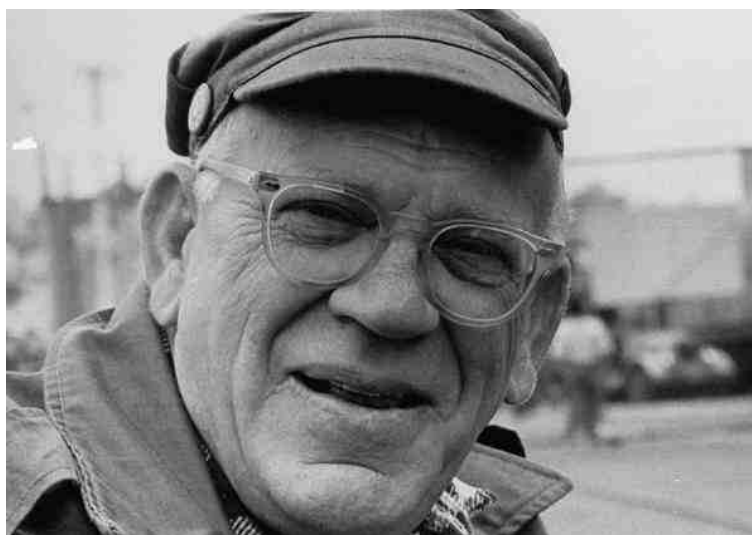


Fig. 6. “En una época de cambios radicales, el futuro es de los que siguen aprendiendo. Los que ya aprendieron, se encuentran equipados para vivir en un mundo que ya no existe”- Eric Hoffer.

7 REFERENCIAS

- [1] Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos & Fundación Caja de Arquitectos. *Encuesta sobre el estado de la profesión 2003, 2007 y 2011*.
- [2] Fundación Caja de Arquitectos. *Encuesta on-line a estudiantes de arquitectura 2005, 2008 y 2011*.
- [3] Borrega, Daniel Turbón. *La evolución humana*. s.l. : Editorial Ariel, 2006.
- [4] Robinson, Sir Ken. *Do schools kill creativity?* 2006.
<http://www.youtube.com/watch?v=nPB-41q97zg>.
- [5] Kawasaki, Guy. *El Arte de Empezar*. Ed. Ilustrae, 2008.
- [6] Cristi, About Sebastian. *El valor del autoaprendizaje: crecimiento y actualización*. 2012.
<http://blog.cuvitt.com/2012/09/el-valor-del-autoaprendizaje-crecimiento-y-actualizacion/>.
- [7] Comisión Europea. España. *Europa necesita más emprendedores y la CE ha presentado un plan para apoyarles*. 2013. http://ec.europa.eu/spain/actualidad-y-prensa/noticias/empleo-y-politica-social/plan-emprender_es.htm.
- [8] BIM in Academia. Collaborate, Adapt, Innovate. Alexandra Pollock, Skidmore, Owings & Merrill LLP. 2011.
- [9] Cavalli-Sforza, Luca Y Francesco. *¿Quiénes somos?*. Ed. Drakontos Bolsillo, 2009.
- [10] Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Artículo 33.2. *Ley Orgánica de Universidades 6/2001*.
- [11] Tribunal Constitucional. Sentencia 5/1981.
- [12]. Rectores de las Universidades Europeas. *Carta Magna de las Universidades Europeas*. 1988.
- [13] Lozano, Blanca. *La libertad de Cátedra*. Ed. Marcial Pons, 1995.
- [14] Tribunal Constitucional. Sentencia 179/1996.
- [15] Núcleo, Unefa. *La competencia. ¿Un nuevo enfoque gerencial?* 2009.
<http://coopetividad.blogspot.com.es/2009/02/la-coopetencia-un-nuevo-enfoque.html>.
- [16] Darwin, Charles. *La evolución de las especies*. 1959.
- [17] CC Pace Systems. *Agile Project Management*. 2003.
- [18] Santamaría, Fernando. *Ecologías del aprendizaje [ampliación]*. 2011.
<http://fernandosantamaria.com/blog/2011/08/ecologias-del-aprendizaje-ampliacion/>.



LA NECESIDAD DE UN MODELO DE INFORMACIÓN APLICADO AL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO

Autores: Nieto Julián, J. Enrique (1), Moyano Campos, Juan J. (2), Rico Delgado, Fernando (3), Antón García, Daniel (4),

- (1) Profesor Colaborador. Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería en la Edificación (DEGIE) de la Universidad de Sevilla. jenieto@us.es
(2) Profesor Titular Doctor. DEGIE de la Universidad de Sevilla. jmoyano@us.es
(3) Profesor Colaborador Doctor. DEGIE de la Universidad de Sevilla. fricodel@us.es
(4) Becario Colaborador. DEGIE de la Universidad de Sevilla. daangar@telefonica.net

RESUMEN

El levantamiento y la reconstrucción del Patrimonio Arquitectónico utilizando el sistema BIM nos permitirá obtener un modelo virtual que constituirá el núcleo esencial sobre el que se volcará todo tipo de datos provenientes de la investigación. Este proceso proporcionará un conocimiento científico de sus sistemas constructivos, características físicas de sus elementos, la evolución histórica y las patologías detectadas. Pero hay que emplear desde el inicio los mejores métodos para un levantamiento gráfico sostenible desde la vertiente técnica y científica, que nos facilitará un análisis más efectivo y nos conducirá a una transferencia irrefutable del patrimonio.

Para disponer de una documentación científica ésta debe ser fiel al patrimonio existente, por lo que debemos de procesar los modelos para asemejarlos al estado original basándonos en técnicas contrastadas para la captura de la información geométrica: la fotogrametría y el escaneado 3D.

Sin embargo, la concepción que las aplicaciones BIM tienen de los objetos es diferente a la que tradicionalmente hacían las de CAD. Los nuevos objetos *paramétricos* permitirán manipular las propiedades dimensionales y físicas para adaptarlas a las particularidades del edificio. La confección del modelo BIM no sólo supondrá el levantamiento constructivo del Patrimonio Arquitectónico, sino un trabajo verdadero de auscultación y análisis.

Palabras clave: *escáner 3D, fotogrametría, modelo de información patrimonial, objetos paramétricos, Patrimonio Arquitectónico.*

1 INTRODUCCIÓN

El contexto en el que se rodea la actual sociedad de la información y del conocimiento ha motivado un acelerado avance de las tecnologías gráficas. Este camino iniciado en los Sistemas de Información Geográfica debido en gran parte a la necesidad de una renovación en la planimetría por las carencias detectadas, han logrado un impulso cuantitativo en la producción de excelentes trabajos, que tiene que ver con la generación de bases de datos en constante actualización y la gestión multidisciplinar de la información espacial.

A esta situación, hay que agregarle en la última década un gran progreso en las técnicas gráficas de levantamiento y representación, obteniéndose una documentación geométrica de alta precisión, más asequible y que ha simplificado el protocolo para la obtención de la información, como son la medición de la geometría y las características físicas de un objeto [1].

2 EL LEVANTAMIENTO GRÁFICO EN EL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO

Las técnicas de levantamiento gráficas aplicadas a edificios históricos cobran gran importancia cuando preexisten elementos con altos valores arquitectónicos y arqueológicos. La morfología actual y real que nos ha llegado a nuestros días no puede ser interpretada aleatoriamente, pues son testigos que se han preservado a lo largo de la historia.

Es por lo que las nuevas técnicas no pueden olvidarse de la fotografía, como la copia más fiel del estado presente del objeto a representar, al compaginarse con los demás documentos gráficos y que nos permiten comprobar e interactuar con las dimensiones espaciales a la vez que incorporan la imagen como una envolvente del material superficial. Se considera, por tanto, un complemento de la propia geometría, ya que a través de instrumentos geométricos proporciona información métrica que puede ser empleada en futuros análisis y como verificación del modelo generado en un levantamiento gráfico [2].

En el campo de la arquitectura y de la ingeniería, principalmente cuando se actúa en obra de nueva planta, se aplica el término de levantamiento a la etapa de elaboración de la documentación gráfica que incorpora las dimensiones geométricas de la edificación. Pero cuando se actúa sobre un edificio con un determinado carácter patrimonial, la forma de proceder requiere una definición básica que se amplifica a otras áreas para lograr así un completo conocimiento del edificio desde la perspectiva de las diferentes disciplinas participativas en el patrimonio intervenido.

En la vertiginosa carrera de la información, la constante evolución del hardware y software ha permitido incrementar considerablemente el almacenamiento de datos y una ampliación en las capacidades de gestión de la información. Se han desarrollado sistemas gráficos y de información en el campo geográfico con los llamados SIG, como en el área de construcción e ingeniería con los modelos de información para la edificación o sistemas BIM (Building Information Modeling). Ahora se debería integrar en un único modelo la información geográfica, geométrica y alfanumérica generada en el estudio y análisis del patrimonio arquitectónico. La Carta del Restauo llega a establecer que *el proyecto se basará en un completo levantamiento planimétrico y fotográfico, interpretado también bajo el aspecto metrológico, de los trazados reguladores y de los sistemas proporcionales y comprenderá un cuidadoso estudio para verificar las condiciones de estabilidad* [3].

3 ESTRATEGIAS SEGUIDAS: EL MODELO DE INFORMACIÓN PATRIMONIAL

En la etapa de auscultación del patrimonio edificado encontraremos por lo general piezas arquitectónicas, estatuas o representaciones escultóricas que deben ser catalogadas y documentadas debido a su valor excepcional, por ser provenientes de anteriores construcciones y que han sido recolocadas en la edificación analizada o por su particularidad arquitectónica: elementos destacables en el conjunto edificatorio, piezas inéditas o singulares que hacen precisa su correcta identificación.

Pero para llegar a un modelado preciso y real de estos elementos utilizando las herramientas de diseño que dispone cualquier software de CAD o BIM, habría que emprender una laboriosa tarea antes de incorporarlos en el modelo virtual de información, conscientes de que nunca conseguiremos una reproducción exacta y más cuando lo que intentamos es no falsear o obviar información que nos puede ser útil en otras etapas. En



casos de derrumbamientos por fenómenos naturales o por conflictos bélicos, un levantamiento exhaustivo nos permitiría obtener un documento gráfico real que archivaríamos para ser utilizado como una reproducción idéntica en una posterior fase de reconstrucción.

Las distintas alternativas de software actuales bajo el entorno BIM, suelen incorporar herramientas de diseño para el modelado de elementos propios de sistemas constructivos – forjados, pilares, vigas, cubiertas y una infinidad de objetos paramétricos enfocados a la representación de piezas arquitectónicas, perfilerías normalizadas y elementos de sistemas tecnológicos patentados o preestablecidos- que nos facilitan el trabajo de la construcción del modelo. Por el contrario, en el caso del levantamiento de un edificio patrimonial, tendríamos que remontarnos a técnicas constructivas no habituales en la actualidad o que incorporan ornamentos propios de estilos arquitectónicos muy anteriores a los actuales.

Con el empleo del modelo BIM el proceso de modelado va unido a una labor de construcción del edificio permitiendo una exploración de todos los elementos por fases constructivas, que iniciadas desde sus cimientos vaya creciendo por pisos sucesivos incorporando todos los elementos integrantes entre los niveles establecidos al inicio como una estructuración ascendente del levantamiento. Pero para el caso de ser aplicado al edificio patrimonial esta dualidad modelado-constructiva está íntimamente vinculada a una labor no menos importante de análisis arquitectónico, donde nos encontramos deformaciones y vestigios ocasionados por la larga trayectoria del ente patrimonial.

En esta circunstancia y como ensayo al trabajo de investigación, varios miembros del grupo de investigación TEP932 del Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería en la Edificación de la Universidad de Sevilla, hemos estado trabajando en la exploración y toma de datos del Cenador de Carlos V del Real Alcázar de Sevilla para conformar un *Modelo de Información del Patrimonio Arquitectónico*. Para el levantamiento se ha utilizado un equipo escáner láser 3D, modelo ScanStation C10 de Leica, y dicha documentación se ha contrastado con la planimetría aportada por la Escuela de Estudios Árabes del CSIC, dirigida por el arquitecto Antonio Almagro Gorbea, quién en su día, realizó un levantamiento fotogramétrico de los palacios y edificios más emblemáticos del Alcázar. Debido a la tipología edificatoria del complejo palaciego se consideró esta técnica gráfica como una de las más idóneas para conseguir un levantamiento planimétrico preciso al permitir la fotogrametría operar sin apenas utilizar medios auxiliares y con reducidas sesiones de toma de datos. En la fase previa de análisis de investigación, se ha ido generando el modelo del Cenador de Carlos V con el Software ArchiCAD® utilizando como plantillas las vistas diédricas contenidas en los planos de la Planimetría del Alcázar de Sevilla [4].

ArchiCAD es un Software de modelado enfocado a la construcción que lleva presente desde hace más de una década en el mercado de nuestro país. Su *Modelo Virtual* ha funcionado desde siempre como un modelo de información antes de que se estableciera la epítome de las palabras inglesas *Building Information Modeling*. Este mismo software ha dispuesto también desde versiones anteriores del *plug-in Objective*, que incorpora un modelado flexible de elementos arquitectónicos. Pero con la versión 16, ArchiCAD ha introducido capacidades de modelado directo con su nueva herramienta *Morph o Forma*, recomendable para la creación de componentes personalizados con una flexibilidad extraordinaria [5].

En el modelo de investigación patrimonial se han aplicado las herramientas de diseño o construcción habituales -*Forjado, Muro, Pilares, Viga*- cuando los elementos a representar disponían de formas poligonales sencillas y constantes, empleándose la herramienta *perfil* para confeccionar las secciones complejas que nos servirían para asociarlas a las vigas o muros y obtener por extrusión las impostas, cornisas y remates de paramentos y cubiertas. Sin embargo, para los elementos decorativos característicos de un estilo arquitectónico y por lo general exclusivo del edificio analizado, no era procedente utilizar las herramientas de construcción básicas, y aunque apostáramos por elegir las más flexibles – como es el caso de *Forma*-, no resolvería el verdadero problema de la toma precisa de datos dimensionales de los elementos que incorporan motivos aleatorios y su traslado al modelo. Este es el caso de los elementos que incorporan los capiteles de las columnas que cierran las cuatro logias del Cenador de la Alcoba, que fueron talladas con motivos corintios distintos (Fig. 1).



Fig. 1. Fachada Sur del Cenador de Carlos V y Capitel central nº 4. Real Alcázar de Sevilla. 2012.
Enrique Nieto

4 EL MODELADO DE VESTIGIOS PATRIMONIALES

Pretendemos ahora explicar la sistemática seguida para el modelado de algunos de los elementos del Cenador de Carlos V, que fueron elegidos por su relevancia en el conjunto arquitectónico queriendo que su reproducción fuese la más fiel a su estado actual antes de ser incorporados en el modelo de información patrimonial. Las piezas elegidas fueron: los capiteles de procedencia italiana de las dieciséis columnas y las tallas que incorporaban las hojas de las carpinterías de madera del Cenador.

Tanto la fotogrametría como recientemente las técnicas de escaneado en 3D, son ventajosas para la captura con precisión de la información geométrica. Pero lo que obtenemos inicialmente es una fotografía tridimensional que la constituye una nube de puntos o píxeles con valores X, Y, Z que no son manipulables inicialmente por las aplicaciones de CAD/BIM, no teniendo más alternativa que procesarlos para convertirlos posteriormente en superficies.

4.1 Procesamiento de la información del escaneado

En una primera fase, a modo de iniciación y a la vez experimentación con las nuevas herramientas de escaneado, empleamos el escáner óptico 3D portátil de Artec -modelo MHT-, sin descartar posteriormente la técnica fotogramétrica. Se procedió de manera general a realizar el escaneado de los capiteles en un barrido que cubrió los 360° debido a que las dimensiones de las piezas lo permitían. Finalizada cada sesión se procedió a la reconstrucción del modelo 3D usando las funciones de la aplicación del escáner 3D Artec y

distribuidas en las siguientes etapas: revisión y edición de los escaneos, alineamiento de los mismos, optimización global de los escaneos, fusión de datos en un único modelo 3D y edición final del modelo 3D [6].

En todas nuestras sesiones se procedió a realizar una inspección visual de los fotogramas escaneados con el post-proceso del escaneo, consistente en borrar los fotogramas no deseados, separar las áreas mal alineadas y dejar fuera de la escena los objetos no deseados y no rígidos (Fig. 2).

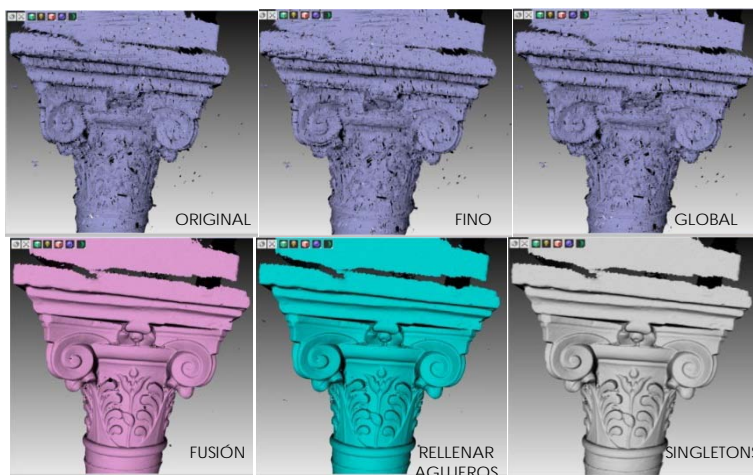


Fig. 2. Procesamiento de la información geométrica del capitel nº 4 con el escáner 3D portátil de Artec. 2013. Daniel Antón, Enrique Nieto

Debido a las peculiaridades de la geometría de los elementos escaneados – volutas y elementos florales en capiteles corintios, y los adornos rizados o entrelazados en las tallas de las hojas de ventanas y puerta-, que imposibilitan la detección por el escáner de sus profundidades, se hizo necesario una operación de reparación de todas las zonas sin mallar. Este procedimiento se llevó a cabo por un control directo sobre los agujeros incorporados en la lista del Software para después ser rellenados modificando las características especiales de cada uno (Fig. 3). Después fue necesario utilizar el algoritmo de alisado para retocar los bordes rugosos de algunos agujeros después de rellenos y alisar rugosidades.

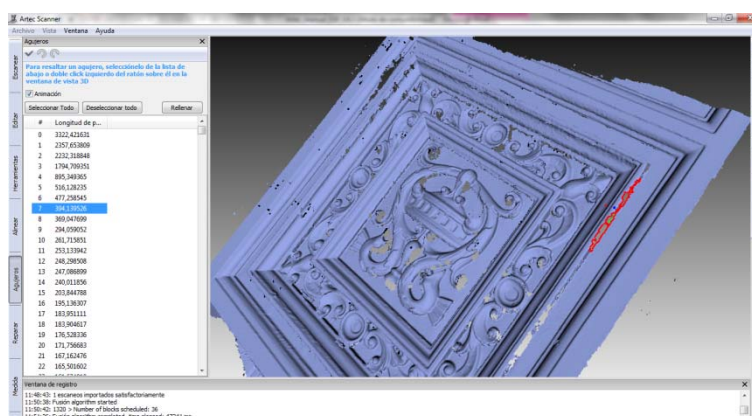


Fig. 3. Selección directa y relleno de oquedades con el software Artec Scanner del Cuarterón superior de la hoja Izquierda de la ventana norte. Cenador de Carlos V. 2013. Daniel Antón, Enrique Nieto

Pero para la posterior fase de introducción de los objetos 3D finales en el modelo de información realizado con el software ArchiCAD, fue primordial una simplificación de los mismos antes de su conversión a objetos paramétricos GDL.

4.2 El levantamiento fotogramétrico

Aunque los resultados obtenidos por el escáner portátil 3D de Artec fueron muy satisfactorios llegando a cotas de perfección inesperadas, quisimos paralelamente experimentar con las técnicas de levantamiento fotogramétrico y contrastar los resultados. Son muchas las aplicaciones disponibles en el mercado, y asequibles por unos precios no muy elevados, que nos pueden proporcionar modelos tridimensionales texturizados sorprendentes. En nuestro proceso utilizamos los software Agisoft *Photoscan* [7] y Autodesk *123D Catch*, aplicándolos al capitel nº16 para su modelado por fotogrametría (Fig.4a).

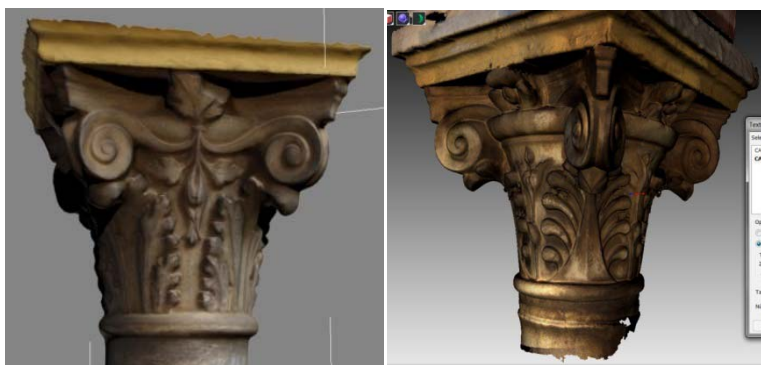


Fig. 4. a) Capitel nº 16 modelado por fotogrametría. Software: Autodesk 123D Catch b) Capitel nº 4 texturizado obtenido por el escáner Artec 3D. 2013. Carlos Gómez, Daniel Antón, Enrique Nieto

4.3 El modelo final texturizado

Si es necesario para los agentes intervinientes en el patrimonio arquitectónico y arqueológico un levantamiento preciso de sus elementos, no menos importante es la obtención de texturas fidedignas para un análisis completo y eficiente. Para disponer de una documentación verdaderamente científica ésta debe ser fiel al patrimonio sometido a estudio, por lo que debemos de procesar los modelos tridimensionales para asemejarlos al estado original encontrado en la toma de datos, sea por técnicas de escaneado como por fotogrametría. En la fotografía anterior se puede apreciar el texturizado del capitel nº 4, destacando una calidad realística superior que permite una exploración por el agente especialista muy eficaz desde su propio estudio y sin desplazarse al lugar (Fig. 4b).

Las imágenes de los materiales obtenidas de los elementos escaneados se aplicaron empleando el método de texturizado de *Combinación de texturas aportadas in situ*. De este modo, el modelo tendrá tantas imágenes *jpg* como el número individual de fotogramas texturizados adquiridos durante el escaneo. Para utilizar el modelo final en otras aplicaciones, se exportó utilizando el formato VRML.

5 GENERACIÓN DE OBJETOS PARAMÉTRICOS

Hemos hablado del proceso para la obtención de pequeños objetos arquitectónicos tridimensionales utilizando las nuevas técnicas de toma de datos para su posterior inserción en un software de diseño gráfico. Pero la concepción que las nuevas aplicaciones BIM



tienen de los objetos es diferente a las que tradicionalmente hacían las de CAD, pues aquí no se piensa en un “bloque dwg” que funcionaba como una entidad vectorial 2D o 3D asentada, sino que los nuevos objetos *paramétricos* GDL nos permitirán manipular propiedades dimensionales y físicas, adaptándolas a las particularidades del edificio. Es decir, que se puede configurar libremente la instancia ubicada sin realmente modificar el archivo origen para el objeto.

La tecnología GDL (Lenguaje de Descripción Geométrica) de objetos inteligentes supone actualmente una nueva forma y eficaz para que los fabricantes de componentes constructivos comercialicen sus productos en “la nube” de Internet. La selección de componentes constructivos durante la fase de diseño, beneficia tanto al diseñador gráfico, que puede diseñar utilizando objetos del mundo real, como a los fabricantes de los componentes, que pueden proporcionar información del producto para que sirva de ayuda en el proceso de diseño [8]. En el campo patrimonial esto no es así, más que por una falta de interés del inversor a la poca rentabilidad, por la dificultad de disponer de una biblioteca de objetos GDL que cubra la infinidad de soluciones tradicionales que han ido surgiendo o sufriendo modificaciones a lo largo de los siglos. Aunque últimamente algo está cambiando en la concepción que el ciudadano tiene de proteger lo heredado y que ha derivado en un gran interés por la industria en invertir e investigar en técnicas y procesos de rehabilitación y/o restauración.

La siguiente etapa después de obtener el modelado de la pieza, es su inserción en el modelo de información. Los software de escaneado o fotogrametría permite una salida muy flexible, pudiendo elegir entre diferentes formatos estándares de las aplicaciones de modelado: *3ds, obj, ply, stl, wrl,...* En el caso de utilizar la aplicación ArchiCAD Graphisoft, se dispone de la opción de inserción de archivos especiales: en el formato nativo de 3DStudio o en el IFC 2x3, que convertirá dichos elementos modelados en objetos paramétricos GDL. Pero hay que considerar que una conversión a paramétrico supondría un aumento considerable de la información del nuevo objeto. Además de los scripts que controlan las propiedades geométricas y representación en 2D -plumas y tramas utilizadas-, se incorporarán otros, como su resolución y sombra en la visualización 3D, los materiales aplicados y los parámetros para incorporar en listados: coste, fabricante, ubicación, nº inventario, peso del objeto y otros a definir por el usuario.

Para la operación del modelado 3D de los elementos escaneados cualquier software empleado, sea de CAD o BIM, tiene como base una malla poligonal obtenida por la formación de polígonos o triangulación de los puntos capturados para formar las superficies del modelo tridimensional. Pero por lo general el número suele ser muy elevado, de los cuales muchos son innecesarios para la representación gráfica correcta del objeto, ocasionando triángulos pequeños que podrían ser suprimidos sin apenas apreciarse en el modelo. La solución tomada por nuestro equipo de trabajo ha optado por emplear el filtro “simplificar” para reducir los polígonos de la malla, disminuyendo considerablemente el tamaño del archivo.

Pongamos como ejemplo el escaneado del capitel nº 4, perteneciente a una de las columnas de la fachada sur del Cenador de Carlos V. Una vez procesado el escaneado desde el Software de Artec, obtuvimos un modelo que se guardó en archivo *obj*, con una capacidad de 71053 kb. Debido a su tamaño considerable probamos emplear el filtrado de simplificación de polígonos, consiguiendo en esta segunda etapa una contundente reducción

al obtener un archivo 3ds de 395 kb para su inserción en ArchiCAD (a 10.000 triángulos máx.), y sin apenas percibir pérdida en la profundidades y resaltes de los motivos florales.

Esta operación es necesaria para que el modelo virtual sea fácilmente manipulable, más cuando se quiere una exploración del mismo en tiempo real con el mapeado de superficies - modo OpenGL - y en unos equipos informáticos que disponen de un hardware aceptable. Pero si es cierto considerar que la información obtenida del escáner con todas las superficies bien definidas y sus texturas reales aplicadas no se deben perder.

Debemos de salvaguardar el patrimonio tal como nos ha llegado a nuestros días y no podemos obviar su estado actual más cuando las técnicas más avanzadas permiten alcanzar una perfección en la adquisición de medidas hasta hace poco años inalcanzable. La solución sería crear una biblioteca de objetos modelados con la geometría y textura "virgen" y no manipulada como base documental disponible para futuras investigaciones o intervenciones en el mismo patrimonio arquitectónico. Finalmente la pieza arquitectónica simplificada fue importada desde ArchiCAD, obteniendo un objeto paramétrico de 2600 kb que se archivó en la biblioteca para que fuese insertado las veces que quisiéramos en el modelo de información (Fig. 5).

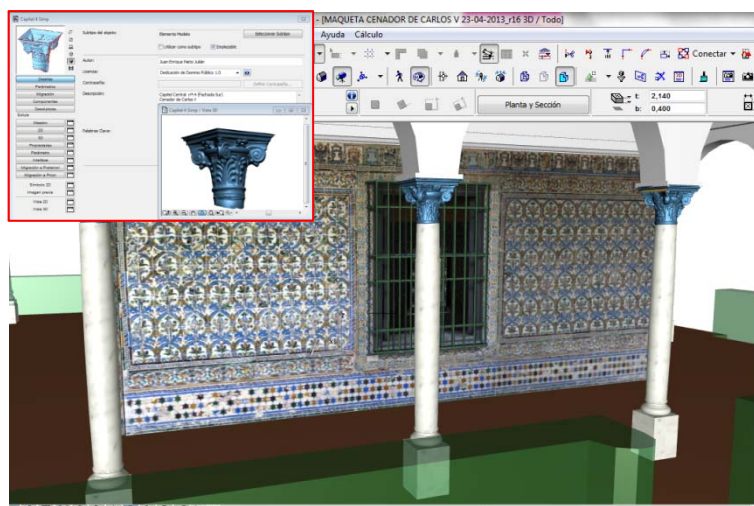


Fig. 5. a) Ventana de edición de los parámetros del objeto Capitel 4 Simp.gsm. b) Inserción de los capiteles en el modelo del Cenador de Calor V. Software ArchiCAD v16. 2013. Enrique Nieto

Otro de los componentes substanciales del Cenador eran sus carpinterías de madera con cuarterones que incluían motivos florales y rizados entrelazados tallados a mano, consideradas de un alto valor por su antigüedad. Pensamos que también deberían ser documentadas con sus características dimensiones reales, tarea que fue emprendida por el equipo admitiendo las dos técnicas de levantamiento antes descritas. Necesitábamos llevar la geometría tridimensional completa a todos los elementos del modelo de información para que este fuese verdaderamente una base gráfica del patrimonio arquitectónico extrapolable a todas las disciplinas participativas, sea en una etapa de investigación-documentación o en una inminente intervención de restauración o rehabilitación.

Las puertas, las ventanas son objetos GDL con una infinidad de parámetros variables. Por ejemplo, las puertas y ventanas de la biblioteca de ArchiCAD ofrecen diversas opciones para los paneles y los tiradores de las hojas, utilizando unos diseños actuales o de estilos

preestablecidos en el mercado de la construcción contemporánea. Pero cuando se actúa en el campo patrimonial es frecuente que se trabaje con piezas originales de varios siglos atrás o que las tipologías estudiadas sean de un diseño artesanal exclusivo. Y si lo trasladamos a la sección de carpinterías, se demandará un tipo de componente distinto y que no estará disponible en la biblioteca básica de objetos, aunque la flexibilidad en incorporar cambios en los parámetros de puertas y ventanas nos permita una infinidad de variantes. No se persigue aproximaciones o falsas representaciones sino un modelo con las geometrías reales.

Con las aplicaciones BIM tenemos la posibilidad de dibujar el elemento, guardarlo como ítem de biblioteca y definirlo como un componente personalizado para después utilizarlo en las carpinterías paramétricas que se coloquen en el modelo. El objeto GDL resultante se guarda como un componente de la carpintería para ser posteriormente utilizado en las variables de configuración de la Puerta/Ventana a insertar en el proyecto. De este modo cuando accedamos a una de las familias de carpinterías para elegir un objeto GDL podremos optar por incorporarle alguno de los componentes personalizados recién creados: *Faja de Ventana, Hoja de Puerta, Marco Muro Cortina, Panel Muro Cortina, Panel Persiana, Puerta Armario, Tirador, etc.*

Teniendo en consideración las premisas expuestas procedimos a la toma de las geometrías de las ventanas y puerta del Cenador con medios tradicionales – flexómetro y calibrador-, aunque nos encontramos en las hojas con cuarterones que incluían tallas artesanales en la madera que serían muy complicado adquirirlas por los mismos utensilios como el posterior modelado con las herramientas de diseño del software BIM. Como percibimos que los resaltes eran dos cañas de madera que funcionaban de marcos a los motivos tallados y con perfiles fácilmente conmensurables para asociarlos a la herramienta viga, modelamos cada hoja con las herramientas básicas de diseño de ArchiCAD y dejamos el resto de las geometrías artesanales para el escáner. Paralelamente se llevó a cabo una manipulación de las imágenes tomadas sobre las ventanas y puerta para crear fotografías ortogonales, lo cual fue muy útil tanto para adquirir los mapas de texturas y asociarlos a los materiales de las superficies del objeto GDL, como también para obtener las medidas directas de todos los componentes de las carpinterías desde el mismo software BIM.

En cuanto al escaneado de las carpinterías, finalmente nos decantamos por los motivos rodeados de los marcos y colocados en el exterior de las hojas, procediendo a un barrido con el escáner portátil 3D de Artec de los tres cuarterones por hoja de ventana (Fig.6).

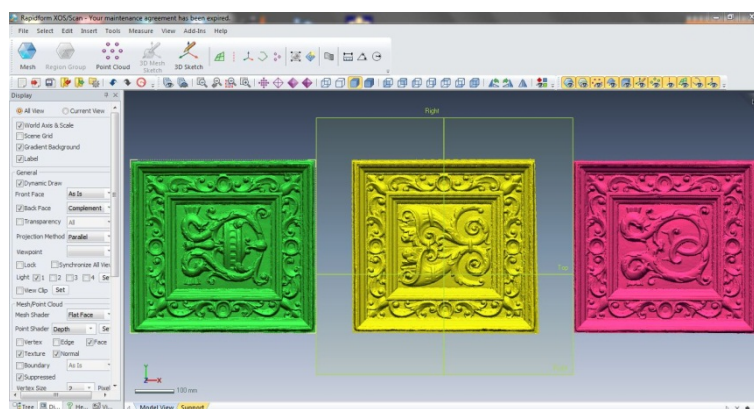


Fig. 6. Alineamiento en Rapidform XOS/Scan de los tres cuarterones escaneados de la hoja izquierda de la ventana con orientación norte. 2013. Enrique Nieto

El gran volumen de cada documento escaneado nos hizo decantarnos por obtener un objeto paramétrico GDL para cada cuarterón. El archivo tuvo un tratamiento idéntico al llevado para los capiteles que coronaban las dieciséis columnas del Cenador de Carlos V. El escaneado una vez posprocesado se guardó como tipo *obj*, y después importado desde la aplicación *Rapidform XOS/Scan* para la correcta orientación del sistema XYZ y la manipulación de la malla que define cada una de sus caras. El objeto simplificado se guardó finalmente con extensión *3ds* para su inserción como archivo especial en ArchiCAD. Una vez en el modelo de información el objeto insertado sufre la transformación a objetos paramétricos *gsm*.

Para evitar que los objetos fuesen difíciles de manipular en el modelo BIM bajo un ordenador con un hardware de prestaciones que se suponen aceptables, se procedió a no incorporar las tres mallas que contenían los cuarterones tallados en un objeto GDL único, gestionándolos en una capa independiente para una visualización controlada. Los tres cuarterones por cada hoja de la ventana se sustituyeron por la fotografía manipulada-ortofoto- para después asociarla a un nuevo material en el exterior de la ventana, lo que enriquecería la visualización y exploración virtual de la maqueta completa con las texturas reales de los elementos integrantes de las carpinterías del Cenador (Fig.7).

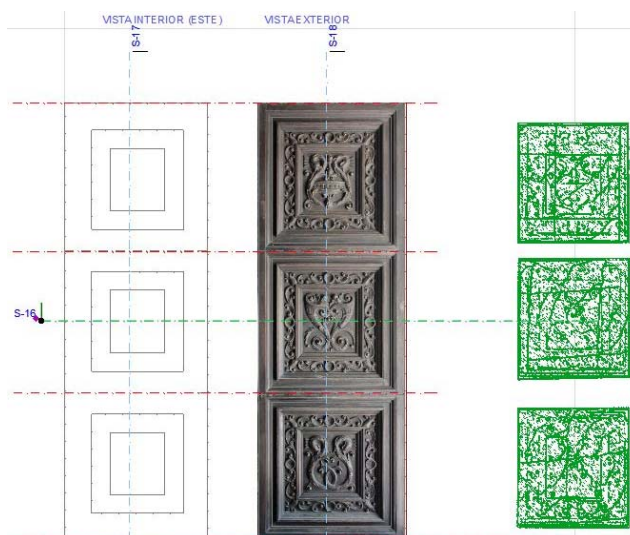


Fig. 7. a) Alzado de la cara trasera de la hoja de ventana, realizado con las herramientas de forjado y vigas de ArchiCAD; b) alzado de la ortofoto rectificada y acoplada con sus medidas; c) inserción de los tres cuarterones de ventana como objetos paramétricos tipo *gsm*.2013. Enrique Nieto Julián

Posteriormente se insertó un objeto ventana en el muro de la maqueta BIM al que se le designó las geometrías del hueco y los parámetros definidores del marco, faja y abertura entre otros. Para la faja u hoja se le asignó un *Panel a medida*, que no era otro que el objeto GDL creado anteriormente como *Faja de Ventana: Hoja Izda Ventana CCV.gsm*, *Hoja Dcha Ventana CCV.gsm*.

Finalmente la ventana quedaba insertada en la maqueta BIM como un objeto paramétrico GDL flexible y como base documental de toda la información real tomada de la fase de análisis y auscultación del edificio patrimonial (Fig. 8).

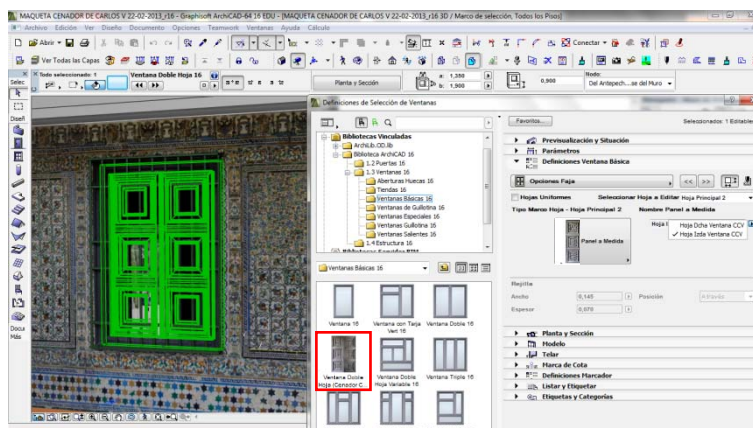


Fig. 8. Edición de los parámetros del objeto Ventana, con dos Hojas o Paneles a medida. Software ArchiCAD. 2013. Enrique Nieto

6 CONCLUSIONES

El uso de objetos GDL en los nuevos software de diseño ha supuesto un antes y un después en la obtención y gestión de la documentación gráfica, siendo muchas las ventajas de trabajar en el patrimonio con objetos paramétricos. La información incluida en sus parámetros definidores no sólo estará disponible en el modelo de información para que el profesional interviniente haga uso de ella, sino también para otros investigadores que necesiten tener acceso a ella durante el ciclo de vida del edificio [9].

El levantamiento y la reconstrucción del patrimonio arquitectónico utilizando el sistema BIM nos permitirá obtener un modelo virtual que constituirá el núcleo esencial sobre el que se volcará todo tipo de datos provenientes de la investigación, proporcionando un conocimiento científico de sus sistemas constructivos, las características físicas de sus elementos, la evolución histórica y las patologías detectadas, a la vez que dispondremos de una representación gráfica de la forma real del patrimonio arquitectónico.

El modelo "virtual" obtenido podría calificarse como científico y quedaría lejos de los habituales modelos promocionales del patrimonio arquitectónico de nuestra ciudad, que tienen como principal finalidad la difusión del patrimonio entre la ciudadanía. Y como es compromiso de todos los agentes intervinientes que se actué con miras al buen quehacer, hay que emplear desde el inicio los mejores métodos para un levantamiento gráfico sostenible desde la vertiente técnica y científica, que nos facilitará un análisis más efectivo, pero además nos conducirá a una transferencia irrefutable del patrimonio real basado en el anterior modelo.

7 REFERENCIAS

- [1] Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. Consejería de Cultura. J.A. (2011). *Recomendaciones técnicas para la documentación geométrica de entidades patrimoniales*. Versión 1.0.
- [2] Barrera, J.A. (2006: 20). *Aplicación de tecnologías innovadoras en la documentación geométrica del Patrimonio Arquitectónico y Arqueológico*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.



- [3] Cesare Brandi (1972). *Carta de Restauro*. Anexo B. Instrucciones para la ejecución de restauraciones arquitectónicas. Traducción de María José Martínez Justicia. <http://ipce.mcu.es/pdfs/1972_Carta_Restauro_Roma.pdf>. [Consulta: 21/06/2012].
- [4] Almagro Gorbea, A. (2000). *Planimetría del Alcázar de Sevilla*. Patronato del Real Alcázar. Escuela de Estudios Árabes del CSIC. Granada.
- [5] Graphisoft (2013). *Diseño. Morph* <<http://www.graphisoft.es/producto/ac/design.html>>. [Consulta: 16/04/2013].
- [6] Artec 3D Scanners (2010). *Guía de usuario del escáner Artec 3D V.0.6*.
- [7] Agisoft (2012). *Agisoft PhotoScan User Manual: Professional Edition, Version 0.9.0*
- [8] Graphisoft. *Objetos paramétricos*. <<http://www.graphisoft.es/producto/ac/objetos/>>. [Consulta: 01/04/2013].
- [9] Nieto Julián, E., (2010: 74). *Generación de modelos de información para la gestión de una intervención de rehabilitación: La cárcel de la Real Fábrica de Tabacos de Sevilla*. Máster en Arquitectura y Patrimonio Histórico. Universidad de Sevilla.

INTEGRACIÓN DE METODOLOGÍA S-BIM EN MÁSTER UNIVERSITARIO OFICIAL DE ESTRUCTURAS EN EDIFICACIÓN

Autores: Liébana Carrasco, Óscar (1), Agulló de Rueda, José (2)

(1) Universidad Europea de Madrid, oscar.liebana@uem.es

(2) Universidad Europea de Madrid, jose.agullo@uem.es

La introducción de la metodología BIM es lenta en España, aunque internacionalmente parece ser definitiva entre arquitectos y en la universidad. Más lenta es la introducción de todas las disciplinas y el ciclo de vida completo del edificio. A pesar de existir trabajos concretos, no hay una vocación generalizada de integración, tampoco en la universidad. La educación superior debe ser ejemplo y líder en la integración de disciplinas, una actuación inmediata supondrá la incorporación de técnicos a medio plazo que hayan asimilado una metodología de trabajo y no sólo un conocimiento de software avanzado.

Una de las posibilidades de trabajo más inmediatas e interesantes en el cambio de mentalidad es el postgrado. Alumnos interesados en una especialización profesional, como por ejemplo en estructuras avanzadas de edificación, suponen un buen proyecto de actuación desde la universidad para incorporar al mundo profesional técnicos formados que aporten una nueva mentalidad de trabajo interdisciplinar bajo la metodología S-BIM.

La Universidad Europea de Madrid aporta con el Máster Universitario en Diseño y Construcción de Estructuras Arquitectónicas e Integración S-BIM, la vocación integradora de profesionales que trabajen en una industria que necesita una formación interdisciplinar de agentes que trabajen en el ciclo completo del edificio.

Palabras clave: estructura, máster, postgrado, S-BIM, universidad

1 INTRODUCCIÓN

La integración de la metodología BIM en el currículum universitario se está incorporando de manera importante en todo el mundo, aunque todavía lentamente en España. Esta lenta introducción retrasará el aumento de profesionales con conocimientos suficientes al sector de la Arquitectura, de la Ingeniería y de la Construcción (*AEC Industry*).

Esta formación se está realizando principalmente en escuelas de arquitectura y edificación, principalmente en el diseño arquitectónico y con poca integración del resto de disciplinas. Los máster oficiales universitarios no aportan hasta ahora esta formación especializada, y sin embargo, son estudios que pueden aportar una importante visión integradora de las diferentes disciplinas de la edificación e incorporar profesionales suficientemente formados a corto plazo, que permitan un mayor desarrollo a todo el sector en metodología BIM integrada y en equipos de investigación de la Universidad.

En esta ponencia se realiza una revisión bibliográfica con algunos ejemplos internacionales de la situación e incorporación de la metodología BIM en estudios universitarios, el contexto

del S-BIM en el sector de la construcción y cómo se ha incorporado en el Máster Oficial en Diseño y Construcción Avanzados de Estructuras Arquitectónicas e Integración S-BIM (MODE-sBIM) de la Universidad Europea de Madrid (UEM).

2 BIM Y S-BIM

BIM (*Building Information Modelling*) es la metodología que abarca y gestiona toda la información del edificio en su ciclo de vida, y dentro de ésta, se define S-BIM (*Structural BIM* o BIM estructural) como la que recoge información sobre la estructura dentro del modelo común de intercambio. Este nuevo concepto de trabajo colaborativo entre ingeniería, construcción y diseño arquitectónico genera representaciones digitales de todas las fases del proceso de construcción y simula el funcionamiento real, así como su demolición y reciclaje. Este método de trabajo mejora el rendimiento y la calidad global del edificio, y necesita de un software específico que permita recoger toda la información. Esta información recogida en una base de datos incluye todos los elementos de la estructura y su material, desde el diseño hasta el análisis, el dimensionado, los despieces, las uniones entre elementos, el montaje, el mantenimiento, la explotación, sostenibilidad, normativa, mediciones, etc., y deberá ser compatible en tiempo real con el resto de especialidades del edificio.

Según la encuesta de utilización en Reino Unido de la NBS y RIBA [1], más del 90% del sector de la construcción, no sólo arquitectos, estiman que en tres años estarán utilizando BIM en sus proyectos, pero además, es destacable que el 80% de los encuestados estén de acuerdo en que el gobierno obligue su utilización en cualquier trabajo para la administración en 2016.

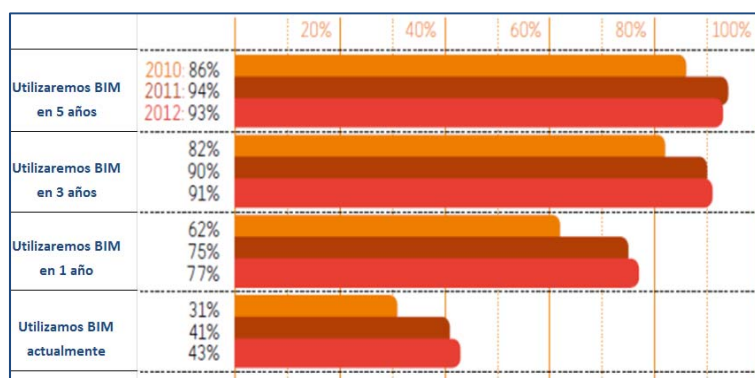


Fig 1. Estimación uso del BIM entre profesionales del Reino Unido. 2012. NBS-RIBA [1]

Según el informe sobre la utilización de BIM en Norteamérica [2], en la actualidad, el porcentaje de ingenieros que utilizan BIM mayoritariamente en sus proyectos es de un 26% del total, menos de la mitad que entre los arquitectos, entre los que este porcentaje llega al 60%. Además, aunque se espera que hacia 2014 aumente de manera notable su utilización entre ingenieros, casi duplicando el estado actual, seguirá según las previsiones muy alejado de la utilización por parte de arquitectos.

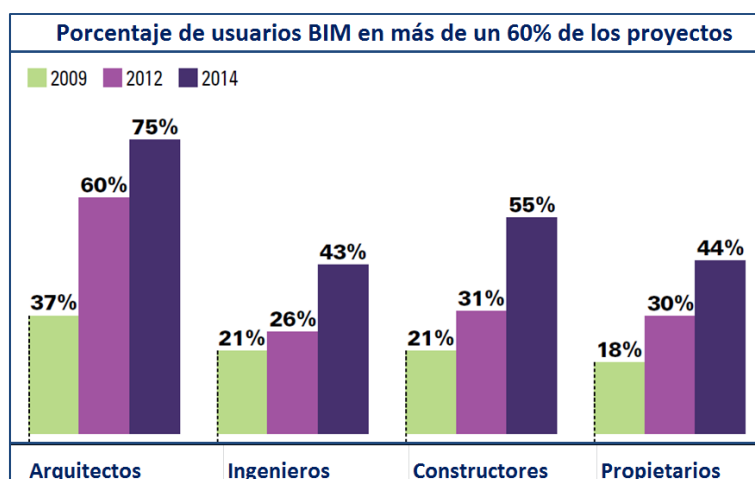


Fig 2. Porcentaje de utilización y evolución de uso de BIM entre Arquitectos, Ingenieros, Contratistas y Propietarios en EEUU. 2012 [2]

3 APORTACIÓN REAL DE S-BIM EN AEC

S-BIM, es parte del proceso BIM donde se crea la información que define el sistema, materiales y modelo global, aunque normalmente los arquitectos siguen trabajando en sus proyectos ajenos al modelo estructural [3]. En la metodología BIM debe existir una conexión entre ambos modelos aunque se pueda trabajar sólo sobre ciertas disciplinas en un trabajo colaborativo de integración supervisado por el jefe de proyecto y coordinado por un *BIM manager*.

Se ha comprobado en casos reales que su utilización mejora la eficiencia en la elección de soluciones constructivas en edificios singulares como edificios en altura [4], se obtienen soluciones más óptimas e incluso mejora la seguridad estructural, la ejecución y viabilidad económica del edificio, pero sobre todo, la eficacia se basa en la facilidad de compartir información y colaboración de manera eficiente.

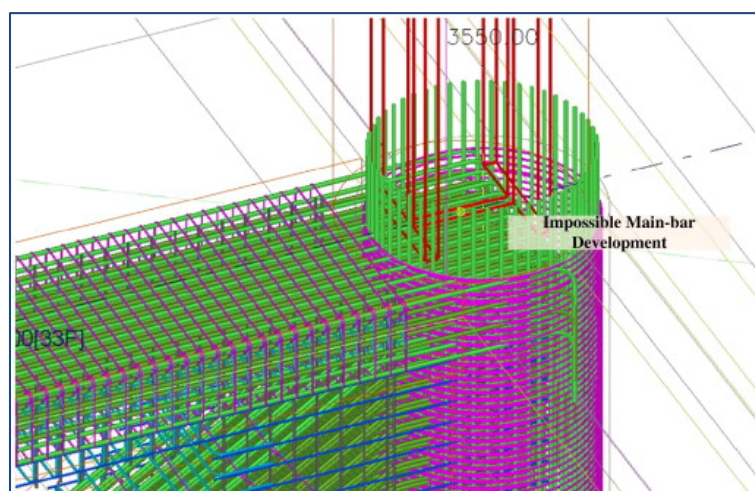


Fig 3. Chequeo de problemas de ejecución de estructura basado en metodología s-BIM. 2012 [4]

Con la utilización de la tecnología S-BIM-4D (incluyendo variable tiempo) en un estudio real [5], se ha podido analizar el comportamiento estructural durante la construcción, resolviendo conflictos de gestión de recursos y costes, de colisiones y de instalaciones de obra. Pero sobre todo, se ha podido realizar un análisis de la seguridad durante el proceso de construcción mediante una simulación definida en el modelo BIM.

4 PROBLEMÁTICA DE LA INTEGRACIÓN Y TRABAJO COLABORATIVO

En la actualidad se están realizando múltiples estudios de funcionamiento real en la integración y el trabajo colaborativo de proyecto y ejecución basados en metodología BIM. En Finlandia se ha realizado un estudio sobre dos edificios durante 2011 utilizando BIM en el análisis de ciclo de vida (ACV), donde se estudiaron principalmente los agentes que utilizan el modelo y los problemas de su utilización [6]. Han podido observar cómo se ha implantado en el diseño, pero concluyen que siguen prevaleciendo los mismos flujos de trabajo tradicionales entre el proyecto y la ejecución. Por lo que un aumento de uso de BIM no está influyendo visiblemente en el proceso colaborativo entre profesionales de la edificación.

En otra investigación sobre el marco teórico de trabajo de colaboración multidisciplinar basado en BIM [7], se concluye que debe dedicarse mayor énfasis en los requisitos técnicos para facilitar la tecnología y aplicarla a través de las diferentes disciplinas, es hora de trabajar en una integración efectiva en todo el ciclo de vida y eso no está resuelto en los proyectos actuales.

Estamos viendo como modelos 3D que llamamos BIM comienzan a tener gran cantidad de datos, pero los infrautilizamos claramente. Ni siquiera unificamos, exceptuando mínimos casos, las diferentes disciplinas del proyecto, menos aún a todos los agentes de la edificación en el ciclo completo de la construcción. Es necesario involucrarse en temas como la gestión del ciclo de vida, metodologías tipo IPD (Integrated Project Delivery o PIM+BIM) [8].

5 S-BIM EN LA DOCENCIA UNIVERSITARIA

La introducción de S-BIM en la docencia del grado en Arquitectura y en Ingeniería de Edificación, permite englobar la estructura dentro del edificio sin perder las interferencias con arquitectura e instalaciones. Es posible manejar un único modelo 3D válido en otros talleres con análisis y desarrollos paralelos (figura 4). Además, por su mejora de rendimiento, permite estudiar aspectos que hasta ahora quedaban en manos de otras especialidades como las mediciones, valoraciones, presupuestos, sostenibilidad, etc.

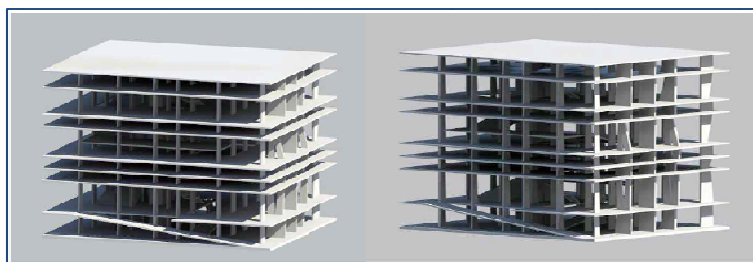


Fig 4. Modelo BIM de aparcamiento en altura realizado por alumnos en taller. 2012

Formas actuales de representación como el diseño paramétrico, sistemas globales de gestión de proyecto, o la inclusión de toda la normativa internacional, tienen una muy fácil integración en BIM, por lo que parece lógico que se utilice a medio plazo un sistema global del proyecto de edificación basado en esta metodología. Su inclusión en los talleres está permitiendo a los estudiantes su percepción como parte del diseño en la creación del edificio y no como una especialidad auxiliar para el proyecto de construcción (figura 5) [9].

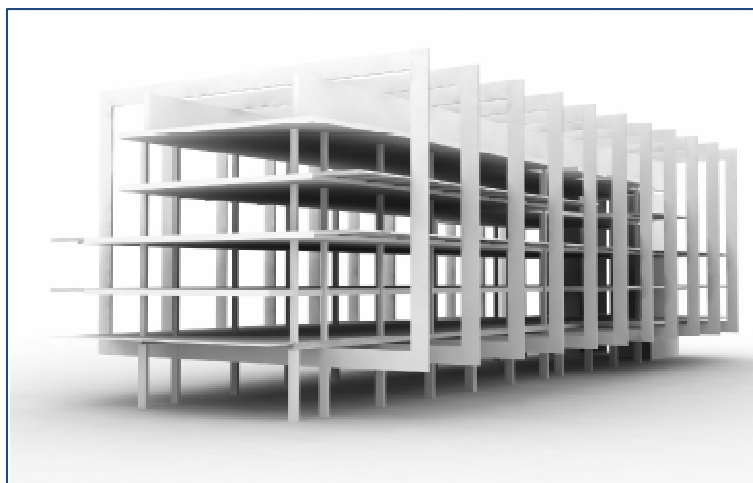


Fig 5. Modelo BIM de edificio de oficinas realizado por alumnos en taller. 2012

En universidades como Stanford [10] se ha confirmado que la introducción de herramientas basadas en BIM para los cursos de *Project Management* en Ingeniería ayuda a los profesores a desarrollar ejemplos en clase más realistas, y en particular se pueden simular condiciones de proyectos del mundo real ayudando a los estudiantes a realizar tareas de integración y optimización de planes de trabajo en proyectos.

Esta incorporación del BIM en la educación universitaria que se está produciendo internacionalmente no sólo incrementará la demanda de profesionales competentes, sino que dará nuevas oportunidades a los estudiantes en sus carreras profesionales y en su capacidad para hacer frente a nuevos retos con una alta eficiencia alcanzada mediante la aplicación de metodología BIM [11]. Algunas instituciones están planteando un enfoque con cursos específicos de metodología BIM [12] y otras están integrando las competencias en diversas materias del plan de estudios [13], siendo esta segunda opción más acorde a los requerimientos de la industria AEC.

En un estudio reciente sobre la implementación BIM en las escuelas de Arquitectura y Construcción norteamericanas [14], se comprobó que en la gran mayoría se están

implantando en su currículum, especialmente en las de Arquitectura, y esperan que los alumnos estén suficientemente preparados para las necesidades de la industria a medio plazo. En las escuelas de construcción, sin embargo, se está produciendo más lentamente y están más interesadas en los modelos 4D y 5D de planificación y costes, en comparación con las escuelas de Arquitectura.

En un buen trabajo de recopilación de estrategias de inclusión de la enseñanza del BIM a nivel internacional [15], se apuesta claramente por integrar BIM entre las disciplinas tradicionales, colaborando entre ellas sin aislarse, y en los últimos años de los estudios universitarios recomienda la colaboración con empresas en proyectos reales AEC. Sin embargo, en la mayor parte de los casos existen problemas para integrar programas entre departamentos por su funcionamiento aislado.

6 S-BIM EN POSTGRADO: MODE-SBIM DE LA UEM

La creciente complejidad de los procesos constructivos arquitectónicos, ha puesto en tela de juicio la eficacia profesional de muchas de las especializaciones que tradicionalmente operan en el ámbito de la edificación (figura 6). El conocimiento especializado y cerrado que no interacciona con otros factores determinantes del proyecto y obra, está abocado a la marginación profesional. En este contexto, es necesario formar a un profesional especializado en el diseño, cálculo y construcción de estructuras de edificación, pero sobre todo, conocedor de la integración de las mismas con la arquitectura, los sistemas constructivos, la envolvente y las instalaciones.

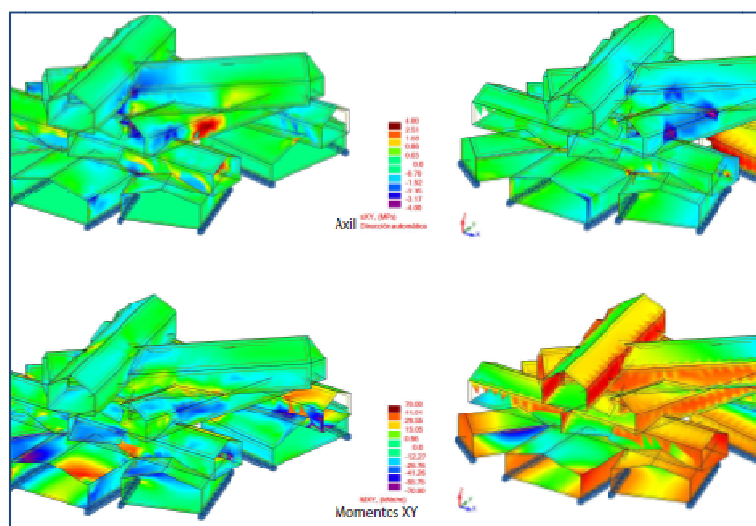


Fig 6. Modelo BIM estructural de geometría compleja realizado por alumnos en taller. 2012

Como base de la integración de las estructuras en la edificación, se debe realizar una fuerte apuesta por su introducción en la metodología BIM en todo el ciclo de vida del edificio. El concepto de S-BIM permitirá al estudiante tener un conocimiento general en esta metodología e integrarse en equipos multidisciplinares que necesitan profesionales de todas las especialidades en las ingenierías más importantes a nivel internacional. El MODE-SBIM está pensado para formar a este profesional especializado en el diseño y construcción de

estructuras, capacitado principalmente para la correcta elección de las tipologías estructurales y su interacción con los sistemas constructivos arquitectónicos, el correcto modelado de la estructura y su ejecución, en una metodología de integración BIM, que incluirá tanto a programas de modelado como de análisis estructural (figura 7).

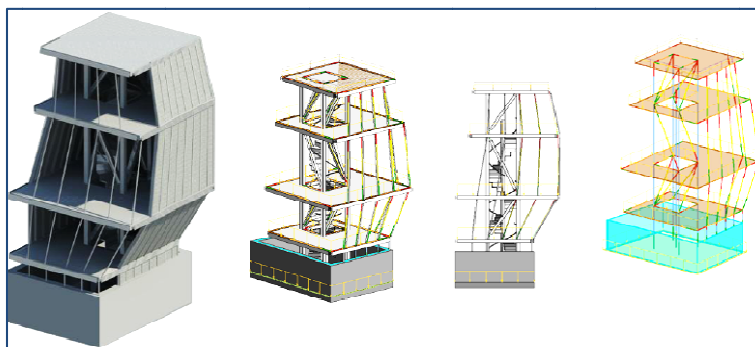


Fig 7. Modelo BIM de geometría, cargas y analítico realizado por alumnos en taller. 2012

Esta innovación dentro de los máster oficiales tendrá necesariamente que ofrecer formación paralela trabajando con el software de modelado de estructuras más importante internacionalmente (*Revit Structure* de Autodesk, *AECOSim Building* de Bentley, Allplan Ingeniería, TEKLA de TRIMBLE, etc.) y de análisis estructural en entorno BIM (*SAP 2000* de CSI-Berkeley, *Robot Structural Analysis* de Autodesk, *STAAD* de Bentley, *CYPECAD* espacial, *TRICALC* de ARKTEC, etc.) La docencia del Máster permitirá al alumno relacionarse e integrarse desde el primer momento con otros profesionales del sector, proyectistas de estructuras, ingenieros de otras áreas, arquitectos y constructores. Cada uno aportará una visión diferente que redundará en esa visión global necesaria para la toma de decisiones.

6.1 Mejora de las competencias específicas a través del S-BIM

Se ha realizado un estudio detallado de las competencias del máster, en prácticamente todas las competencias específicas se mejoran las posibilidades de enseñanza, pero de manera muy especial en más de la mitad de las veinticuatro que se detallan en el documento verificado por la ANECA. Estas competencias tienen que ver con la tecnología, la relación con el resto de disciplinas, con la aptitud de diseñar y calcular modelos singulares, aplicar normativas a nivel internacional, diseñar la unión entre piezas, organización de la información, representación de planos, medición de materiales, evaluación de costes, control de obra, peritaje de estructuras existentes, organización de obras, así como la utilización de tecnologías a nivel internacional.

6.2 Proyecto transversal

Como principal objetivo e innovación del máster se incluirá la realización de un proyecto que acompañe los diferentes módulos de aprendizaje. Será un proyecto que irá avanzando en un diseño estructural integrado BIM con arquitectura, los sistemas constructivos, la envolvente y las instalaciones en el ciclo de vida del edificio (proyecto, planificación de la ejecución, construcción, mantenimiento y fin de vida de la estructura)(figura 8).

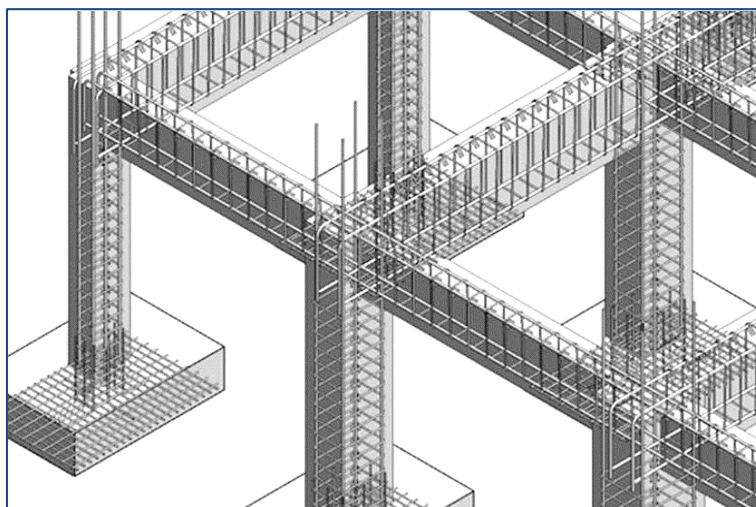


Fig 8. Estudio de ferralla y ejecución a través de modelo BIM utilizado con estudiantes. 2012

6.3 Trabajo Fin de Máster e Investigación

Individualmente y como Trabajo Fin de Máster (TFM) se elaborará un proyecto de estructuras de edificación en el que se sinteticen todas las competencias adquiridas en el máster, desarrollado hasta el punto de demostrar con suficiencia y determinar la completa ejecución de las obras de edificación, con cumplimiento de la reglamentación técnica y administrativa aplicable. Evidentemente, el TFM abre la puerta a esta integración en proyectos completos de marcada singularidad arquitectónica.

Especialmente interesante será la opción del alumno que elija el TFM de investigación, en la que se formará para tener las aptitudes mínimas que le capaciten para iniciar una investigación con posibilidad de continuar en programas de doctorado de la universidad.

7 CONCLUSIONES

La concienciación e implantación de 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 metodología BIM y menos aún en la fase de ejecución. S-BIM puede aportar en el sector AEC soluciones más óptimas, pero sobre todo una mejor planificación de la ejecución y mantenimiento, con aspectos como viabilidad económica, coordinación de recursos, seguridad en obra, etc.

En la universidad está ocurriendo lo mismo, se está produciendo una introducción dentro del curriculum del diseño arquitectónico, pero es escasa y compleja la colaboración entre las diferentes disciplinas, a pesar de demostrarse como una importante ventaja para la visión global de proyectos interdisciplinares entre los estudiantes.

La Universidad no debe formar usuarios de software sino técnicos con competencias específicas y capaces de integrar las diferentes disciplinas AEC, que conozcan la interoperabilidad de los medios tecnológicos y capaces de utilizar las herramientas basadas en metodología BIM necesarias para su función dentro del ciclo de vida del edificio.



Actualmente no podemos esperar en postgrado que los alumnos que llegan de grado tengan suficientes conocimientos en metodología S-BIM, aunque sigamos trabajando en su introducción en grados de arquitectura e ingeniería. Se debe hacer un esfuerzo suplementario y ofrecer al sector AEC profesionales preparados para la gestión del edificio. Esta posibilidad de tener especialistas a corto plazo en cursos de postgrado que integren la metodología en la práctica profesional es de gran importancia y puede ser muy efectiva en la transformación del sector de la construcción.

8 REFERENCIAS

- [1] NBS – RIBA 2013 (2013). *National BIM Report*. RIBA Enterprises Ltd
- [2] McGraw-Hill Construction (2012). *The business value of BIM in North America. Multi-year trend analysis and user ratings (2007-2012)*. Smart Market Report.
- [3] C. Robinson (2007). *Structural BIM: Discussion, Case Studies and latest developments*. The structural design of tall and special buildings, 16, 519–533 DOI: 10.1002/tal.417
- [4] Lee S.I., J.S. Bae y Y.S. Cho (2012). *Efficiency analysis of Set-based Design with structural building information modeling (S-BIM) on high-rise building structures*, Automation in Construction, 23:20-32
- [5] Zhang J.P. y Hu Z.Z. (2011). *BIM- and 4D-based integrated solution of analysis and management for conflicts and structural safety problems during construction: 1. Principles and methodologies*. Automation in Construction, 20, 2, 155-166
- [6] Kerosuo Hannele, Miettinen Reijo, Mäki Tarja, Paavola Sami, Korpela Jenni y Rantala Teija (2012). *Expanding uses of building information modelling in life-cycle construction projects*. Institute of Behavioural Sciences, Center for Research on Activity, Development and Learning, University of Helsinki, Finland. Work 41 (2012) 114-119. DOI: 10.3233/WOR-2012-0144-114. IOS Press
- [7] Singh Vishal, Gu Ning y Wang Xiangyu (2011). *A theoretical framework of a BIM-based multi-disciplinary collaboration platform*. Automation in Construction, 20, 2, 134-144
- [8] Oscar Liébana (2012). *Reflexiones sobre el uso de BIM en España*. Sustainability & S-BIM for buildings (blog: 21/12/2012 post). <http://oliebana.com/2012/12/21/reflexiones-sobre-el-uso-de-bim-en-espana/>
- [9] Oscar Liébana (2013). *S-BIM in the structural building high education*. Sustainability & S-BIM for buildings (blog: 24/2/2013 post). <http://oliebana.com/2013/02/24/s-bim-in-the-structural-building-high-education/>
- [10] Peterson Forest, Hartmann Timo, Fruchter Renate y Fischer Martin (2011). *Teaching construction project management with BIM support: Experience and lessons*. Automation in Construction, 20, 2, 115-125



- [11] Kam-din Andy Wong, y Kwan-wah Francis Wong (2011). *Building Information Modeling for tertiary construction education in Hong Kong*. Journal of Information Technology in Construction - ISSN 1874-4753 ITcon Vol. 16, pg. 467
- [12] Sacks R. and Barak R. (2010). *Teaching building information modeling as an integral part of freshman year civil engineering education*, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, ASCE, Vol. 136, No. 1, pp. 30-38.
- [13] Woo J.H. (2007). *BIM (Building Information Modeling) and Pedagogical Challenges*, Proceedings of the 43rd Annual Conference by Associated Schools of Construction, (Sulbaran T. and Cummings G., editors), Northern Arizona University, April 12 - 14, 2007.
- [14] Maya M. Joannides, Svetlana Olbina y Raja R. A. Issa (2012). *Implementation of Building Information Modeling into Accredited Programs in Architecture and Construction Education*. International Journal of Construction Education and Research. Special Issue: BIM), Volume 8, Issue 2, DOI: 10.1080/15578771.2011.632809, pages 83-100.
- [15] Bernadete M. y Toledo E. (2010). *BIM teaching strategies: an overview of the current approaches*. Nottingham University Press. Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering.



BIM... LUCES Y SOMBRAS, DOS AÑOS DESPUÉS.

Autor: Martínez Cava, José Luis

(1) Ingeniero de Edificación y Arquitecto Técnico, JLMCblau@gmail.com

RESUMEN

¿Cómo resumir BIM, sus LUCES y SOMBRAS, en 5, 6, 10 ó... 1215 líneas o más?

En una palabra: IMPOSIBLE. La magnitud de lo que puede llegar a significar BIM como proceso de cambio en los procesos productivos, de estudio, de mentalidades y formas de trabajar, las potenciales bondades y las reales y variadas causas que lo pueden llevar a fracasar es tan grande que lo mejor es decir que habría que hacer muchos comunicados, desde muchos puntos de vista para hacerse con una noción de BIM completa. O casi.

Los Profesionales del Diseño en la Construcción, sus Colegios, Asociaciones, las Empresas Constructoras y sus Técnicos, Subcontratistas y Proveedores, las Empresas fabricantes de Software, las distintas Administraciones Públicas del País, Universidades y entidades de Formación... todos, absolutamente todos, deberán ser copartícipes en el entorno colaborativo que representa BIM.

Con mi descubrimiento de BIM en la Universidad, intentaré dar a conocer algo de luz BIM, relacionado con el mundo de la competitividad, cómo lo veo como creación de ventaja competitiva de país, de la empresa constructora, en la Industria de la Construcción y algunas sombras. Poco para lo que representará BIM.

Palabras clave: Colaboración, Competitividad, Productividad, Sostenibilidad, Ventaja

1 INTRODUCCIÓN

“El más largo aprendizaje de todas las artes es aprender a ver”.

Jules Gouncourt (1830-1870) Novelista francés.

¿Cómo podemos ver o entender BIM?

Todos los que conocen algo de BIM empezarán a contestar sobre BIM, sobre lo que hemos leído, sobre lo que hemos investigado pero... ¿es solamente una nueva metodología de trabajo, un proceso técnico aislado, un software, una moda...? **Indudablemente, no.**

A la vista de la sorpresa que me causó la existencia de la metodología-filosofía BIM, **desconocida totalmente** por mí hasta principios del año 2011, al igual que el desconocimiento generalizado –aún hoy en día- que creo que existe – **Administración incluida**- en la Construcción vista como Industria quiero reflejar que -si observamos BIM desde otros puntos de vista distintos al estrictamente técnico- quizás, sólo quizás, veamos en esta nueva metodología aspectos que nos ayuden a comprender por qué **en la competencia, sobre todo internacional**, algunos países triunfan y otros fracasan o llegan bastante más tarde a comprender ciertas situaciones y o formas de trabajar.

Estamos muy acostumbrados a oír, a hablar, sobre todo en estos últimos tiempos que corren, sobre **competitividad, productividad...** y que hay que mejorarlas, y a que esto



se haya convertido en una de las preocupaciones centrales del Gobierno ⁽¹⁾ y de la Industria y ver cómo se desaprovecha –en teoría- una nueva herramienta (**como forma de trabajar, como proceso, como innovación**) es lo que no se acaba de entender.

Es BIM como podría ser otra herramienta, otro método. Hay que aprovecharlos todos y más en estos tiempos de crisis. **¿Será sólo desconocimiento?**

Yo no puedo explicar BIM desde el punto de vista técnico puesto que aún no lo domino. Ojalá. Ni tan siquiera puedo explicar los software que apoyan la metodología. Para eso están, y bastante mejor capacitados, los expertos docentes sobre la materia.

Intentaré de la mejor manera que pueda -y sepa- **ayudar a comprender y ver cómo se desarrollan ciertos procesos a nivel de economía y cómo se puede provocar una ventaja competitiva dentro de una Industria, la de Construcción en este caso y los pasos que veo que se están dando en relación a BIM, en este sentido, en los países “promotores”, EE.UU., U.K., Países Nórdicos...**

En 2011 descubrí, **al ser parte de mi preparación en el curso de Adaptación a Grado en Ingeniería de Edificación**, BIM. Por eso veo fundamental el papel de las Universidades en el hecho de generar conocimientos y caminos para el futuro cambiante que nos toca vivir.

Fue mi interruptor de la “luz”, en este caso BIM, en aquel momento y casi de inmediato vi la potencialidad del mismo en el entorno de y para la Industria de la Construcción. Con mayúsculas. **Industria de la Construcción.**

Trabajo en una constructora a nivel nacional, Fomento de Construcciones y Contratas SA, que está saliendo a nivel internacional dada la situación en el mercado del país y he visto y manejo muchas herramientas de todo tipo, en la constructora, dentro de nuestras funciones y necesidades y el potencial que tiene BIM como proceso, como integrador y gestor de la información modelada y generada en el Modelo no lo tiene –hoy por hoy- ninguna.

En aquel momento, para la finalización de mis estudios, tuve que realizar un PFG ⁽²⁾, para el que elegí mi nuevos conocimientos y que titule **BIM... Luces y Sombras** donde ya hablaba de esto y el conocimiento , **o mejor desconocimiento**, que existía en la Industria de la Construcción en España y hoy –**justo dos años después**- he de reconocer que hay alguna que otra luz más en el horizonte pero desgraciadamente aún veo muchas más sombras que luces.

Dos años de lecturas, de trabajos, de estudios, de cursos y de... “desesperación” al tener que seguir explicando, dos años después, qué es BIM a muchos compañeros, a muchos técnicos, a muchas empresas, a muchas personas del mundo de la construcción...

Sinceramente no creo que en la Industria de la Construcción en España tengamos ni peores Técnicos ni peores Empresas que los países que ya están “aplicando” –en teoría- BIM, por lo que cualquier empresa o técnico que se ponga a ello con esfuerzo y planificación, si así lo estima, lo conseguirá. Lo hemos demostrado muchas veces. Lo haremos juntos si nos lo proponemos. COLABORACIÓN.

¹ Gobierno Central de España y supongo que de los Autonómicos

² Proyecto Final de Grado

Mucho camino por delante, mucha tarea por realizar, no para “vender” o “comprar” BIM, sino para entender una nueva forma de trabajar en la Industria de la Construcción que, **seguramente, nos vendrá “impuesta”**.

2 LA MEJOR DE LAS LUCES... BIM

Para esta parte de mi comunicado, me basaré en la obra **“La ventaja competitiva de las Naciones”** de **Michael E. Porter** [1]. Dicha obra es de 1990 pero a mi entender da unos parámetros con los que ver, entender o comprender los *“movimientos”* de la tecnología o metodología BIM. **Estos no son “casualidad”, o al menos así lo veo.**

Michael E. Porter, es considerado como uno de los padres de la **estrategia competitiva**.

Según Estela Civano [2], **con un estilo “ingenieril-economista”, este ampliamente galardonado profesor se ha transformado en uno de los padres de la estrategia competitiva...**

Nacido en 1947 en los Estados Unidos, Michael E. Porter tal vez sea el más académico de los grandes pensadores del **Management** (Gestión y Dirección). Ingeniero mecánico y aeroespacial de Princeton, y MBA y Doctor en Economía Empresarial de Harvard, recibió más de una docena de doctorados *honoris causa* de Universidades de todo el mundo. **Dueño de un enfoque metódico y estructurado, revolucionó nuestras nociones de estrategia, con más de 18 libros y 125 artículos publicados.**

¿Cómo entender, pues, BIM?

Creo que, sencilla y claramente, como un **movimiento de estrategia de creación de ventaja competitiva de país.**

¿Por qué algunas naciones tienen éxito mientras que otras fracasan (o llegan más tarde) a la competencia internacional? Esta es la pregunta principal que empezó a contestar en su libro. Por “competitividad nacional”, Porter se refiere simplemente a la productividad nacional, porque es esta el principal determinante, en el largo plazo, del estándar de vida de un país. Porter marcó un distanciamiento con el pensamiento económico tradicional, el cual se enfocaba en las ventajas comparativas. Esencialmente, las ventajas comparativas son heredadas (disponibilidad de los factores básicos de producción, tales como fuerza laboral o energía barata o recursos naturales) mientras que **las ventajas competitivas tienen que crearse.**

Porter hizo un sumario de las materias que deberían tenerse en cuenta en la teoría de la competitividad nacional. Esta sinopsis explicaría por qué empresas de una nación en particular desarrollan mejores estrategias que las de otros países, así también como por qué una determinada nación es escogida como sede principal de compañías globales de éxito.

Más aún, **explicaría por qué algunas naciones son mejores que otras en la creación de ventajas que son esenciales para alcanzar una alta productividad y, finalmente, cómo una nación crea un entorno donde las empresas de una Industria en particular, están en capacidad de mejorar e innovar más rápidamente que sus rivales extranjeros.**

A su teoría se la ha denominado “El Diamante de Porter” [3].

Porter usó ese diamante para determinar qué empresas e Industrias tenían ventajas competitivas e hizo énfasis en la importancia en las **Industrias relacionadas y de soporte** y mostrando un denodado interés en los **“clústers” o conglomerados**. Aunque su tesis original se aplicó a las naciones considerándola como un todo, Porter reconoció que la mayoría de la actividad económica se da a nivel regional. En consecuencia, sus ideas se aplican no sólo a países y regiones sino, también, a ciudades.

“El Diamante de Porter” sobre la ventaja de una nación consta de cuatro determinantes:

- Condiciones de los factores
- Condiciones de la demanda
- Industrias relacionadas y de apoyo
- Estrategia, estructura de la empresa y rivalidad

Al diamante se le agregaron otros dos factores que influyen, además, en todos los otros determinantes: el azar y **el Gobierno**.

¿Se ajusta, se apoya o puede responder BIM a estos determinantes? La respuesta, a mi entender, es SI.

- Las condiciones de los factores de un país están conformadas por la capacidad de varios factores, que se pueden dividir en un número de diferentes categorías:
 - recursos humanos, como por ejemplo, **la cantidad, la calidad, las habilidades** y el costo **del personal disponible**,
 - recursos físicos, incluyendo **la abundancia, calidad, accesibilidad** y el costo de la herencia física de una nación,
 - recursos del conocimiento: **la acumulación del conocimiento científico, técnico y de conocimiento del mercado que tiene una nación para darle soporte a la producción de bienes y servicios**,
 - recursos de capital, que se refiere a la **cantidad y costo del capital disponible para financiar la Industria**
 - **infraestructura del medio**, en este caso informático.

Estos factores se pueden dividir jerárquicamente por lo menos de dos maneras diferentes. Son los factores básicos y **factores avanzados**.

Los factores básicos, que incluyen los recursos naturales, el clima, la ubicación, la mano de obra semi-cualificada y las deudas de capital, son importantes fundamentalmente para las industrias basadas en la agricultura y para aquellas con modestas exigencias en materia de tecnología y habilidades.

En contraste, los **factores avanzados –tales como la infraestructura para la transmisión de información, el personal altamente cualificado y la investigación universitaria en disciplinas sofisticadas-** son hoy en día los más significativos para lograr ventaja competitiva.

La segunda distinción puede hacerse entre los factores indiferenciados y los **factores especializados**. Los factores indiferenciados se refieren a cosas como el sistema de carreteras o el suministro de capital de deuda que pueden ser distribuidos entre un amplio rango de Industrias. **Los factores especializados se refieren al personal entrenado en campos limitados, en conocimientos específicos y en otros factores que sólo son relevantes para un rango restringido de Industrias.**

Los factores también se pueden dividir en aquellos que son heredados por una nación y **aquellos que son creados**. Porter sostiene que **los factores más importantes para lograr un posicionamiento más alto y una ventaja competitiva más sostenible son los creados**. Más aún, Porter resalta que ninguna nación tiene la posibilidad de crear y mejorar todos los tipos de factores a través de la inversión. **Actualmente se afirma que la ventaja competitiva también puede surgir de las desventajas que se tenga en algunos factores y que obligan a las empresas de un país a reinventarse.**

- Condiciones de la demanda
 - La primera es la segmentación de la estructura de la demanda interna, que significa que el tema de los segmentos podría ser importante en industrias donde se pueden lograr economías de escala, y lo que es más importante: **la relevancia de ciertos segmentos en el país atrae la atención y las prioridades de las empresas de una nación.**
 - La sofisticación de los compradores domésticos forman la segunda característica de la demanda interna: **las empresas de una nación ganan ventaja competitiva si los compradores domésticos están dentro de los más sofisticados y exigentes del mundo para los productos y servicios.**
 - La tercera, **la anticipación a las necesidades de los compradores**, significa que la demanda interna aporta una señal temprana de las necesidades del comprador que **debe tener amplia resonancia**, para poder convertirse en **ventaja para la nación**. Si la composición de la demanda interna tiene las características apropiadas, su trayectoria de crecimiento puede reforzar la ventaja nacional en una Industria. Grandes mercados domésticos pueden conducir a ventajas competitivas en Industrias con economías de escala al incentivar a las empresas del país a invertir agresivamente. Más aún, **la presencia de muchos compradores independientes**, en lugar de uno o dos clientes dominantes, **crean un mejor ambiente para la innovación**. La tasa de crecimiento también es importante ya que logra que las empresas adopten más rápidamente nuevas tecnologías. **Una demanda interna adecuada permite también anticiparse a las necesidades de los compradores de otros países.** **La demanda temprana por los productos y servicios de una nación crean una ventaja para las empresas locales frente a sus rivales extranjeros.**
- Las Industrias relacionadas y de apoyo

Estas conforman el tercer determinante de la ventaja nacional. **La complementariedad y nexos entre Industrias es importante para producir primariamente una demanda**

cruzada de los productos de unas y otras. Internacionalmente, industrias abastecedoras competidoras crean ventajas en las industrias que sirven, por ejemplo, mediante un acceso temprano, rápido y eficiente a los suministros más efectivos en costo. Más importante aún es que **los proveedores con sede en el país pueden ayudarle a las empresas a aplicar nuevas tecnologías mediante un rápido acceso a la información y a las innovaciones recientes**, cuando entre las empresas existen estrechas relaciones de trabajo. **La situación óptima para las empresas de un país es cuando sus proveedores son competidores globales. La presencia de fuertes industrias relacionadas, esto es, empresas que coordinan y comparten actividades al mismo tiempo, que compiten o tienen productos complementarios, con frecuencia propician la creación de nuevas industrias competidoras. Ellas aportan oportunidades para el flujo de información y el intercambio técnico.**

- La estrategia, la estructura de la empresa y la rivalidad

Este cuarto determinante de la ventaja competitiva de una nación está conformado por **la manera como se crean, organizan y administran las empresas** así como por la naturaleza de la rivalidad entre ellas en el país. Ningún sistema gerencial es universalmente apropiado. **Las naciones tienden a tener industrias de éxito donde se aplican las mejores prácticas gerenciales y cuando están favorecidas por el entorno nacional.** Las diferencias entre naciones con respecto a las estrategias y estructuras empresariales son numerosas: el vigor de la iniciativa empresarial, las relaciones entre los trabajadores y la empresa, las actitudes generales hacia la autoridad y la disposición a operar globalmente son algunos de los asuntos más importantes.

Las metas de las empresas, individuos y de una nación entera son también un asunto donde encontramos profundas diferencias. **Los países podrán tener éxito en industrias donde las metas y las motivaciones estén en armonía con las fuentes de ventaja competitiva.** Generalmente a estas industrias se les da el status de prioridad nacional y **están en condiciones de hacerse con el personal con más talento y convertirlo en gente fuertemente comprometida con su trabajo.** Las metas empresariales son definidas por **la estructura de la propiedad, la naturaleza del gobierno corporativo** y varias otras cosas que ante todo están reflejando las características de los mercados de capital del país.

Las naciones competitivas tienen con frecuencia un buen número de fuentes rivales locales, que presionan entre sí para reducir costos, mejorar la calidad y el servicio y crear nuevos productos y procesos. La rivalidad doméstica exige no limitarse al precio, **la rivalidad en otras formas -tales como la tecnología- perfectamente puede conducir a una ventaja nacional sostenible.**

Las nuevas **empresas atienden nuevos segmentos y ensayan nuevos enfoques que rivales más antiguos fallan en reconocer o ante los que se muestran demasiado inflexibles para responder.**

- El azar

Algunos ejemplos de eventos imprevistos que influyen en la ventaja competitiva son los derivados de la innovación pura, las grandes discontinuidades tecnológicas,



virajes significativos en los mercados financieros mundiales o en las tasas de cambio y las guerras.

Los eventos repentinos son importantes porque crean discontinuidades que permiten hacer cambios en la posición competitiva.

- El Gobierno

Finalmente, **el papel del Gobierno en la ventaja competitiva de una nación tiene influencia sobre los cuatro determinantes bien sea positiva o negativamente**. El Gobierno puede, por ejemplo, afectar la condición de los factores a través de las subvenciones o **actuar como comprador importante en algunas industrias**. La política gubernamental, a su vez, puede ser influenciada por los determinantes. **La demanda temprana doméstica para un producto puede, por ejemplo, conducir a que el Gobierno establezca también tempranamente estándares con relación a ese producto.**

La creación de demanda, “obligada” por los Gobiernos **es un hecho** que se está produciendo en torno al BIM. **Se solicitan ya licitaciones** de proyectos con esta tecnología en determinados Estados de EE.UU. ⁽³⁾, en 5 años (desde 2011) hay un proyecto ⁽⁴⁾ de hacerlo también en UK, en Australia ya hay planes de desarrollo de proyectos...

El papel del Gobierno en el Modelo del Diamante de Porter es actuar como un catalizador y desafiador, es animar – e incluso “empujar” – a las compañías para que levanten sus aspiraciones y se muevan a niveles más altos del desempeño competitivo. Debe animar a las compañías para que aumenten su desempeño, **estimulen la demanda primaria por productos avanzados, se enfoquen en la creación de factores especializados, y estimular la rivalidad local limitando las regulaciones que perjudiquen las mejoras competitivas y haciendo cumplir la cooperación directa.**

Las empresas de una nación deben también desarrollar la capacidad necesaria para competir en nuevos y complicados sectores Industriales.

La ventaja internacional a menudo se concentra en industrias netamente definidas e incluso en sectores específicos de una industria.

Los Países triunfan en la Industria si sus circunstancias locales impulsan a las compañías a adoptar esas estrategias a tiempo y con dinamismo, cuando las ventajas de su centro de operaciones subsisten en otras naciones y cuando sus innovaciones y mejoras prevén las necesidades del mercado internacional.

“La ventaja competitiva estará en lo acertado de la solución planteada, así como en la rapidez en llegar a dicha solución”.

³ Wisconsin, Ohio, Texas, Pennsylvania, p. ej.

⁴ Fuente: <http://www.bdonline.co.uk/news/uk/bim-to-become-part-of-public-procurement-process/5006655.article> (08 Mayo de 2011)

Nuevamente BIM “se aparece”. Si BIM se propugna o argumenta “*intensamente*” como... *ahorro importante de tiempos, tanto en el diseño, como con la cooperación necesaria -deseada y deseable-, como en la detección temprana de errores, como en la posibilidad de plantear **escenarios previos** a la construcción definitiva...* estamos claramente en la creación de una ventaja competitiva según los parámetros anteriores: lo acertado de la solución (no hay –supuestamente- errores) y la rapidez en llegar a esa solución.

Si el “*contenido*” de nuestro producto es competitivo, el producto interesante para el cliente, el producto está bien diseñado y “*puede ser colocado*” en el tiempo adecuado tiene grandes posibilidades de éxito. Si además el tiempo en que ha tardado la empresa en “*enseñar*” ese producto de construcción y comunicarlo a sus clientes ha sido corto o inferior a su competencia, será quien gane en la batalla por el cliente.

BIM es modelo, nunca mejor dicho, del Diamante de Porter, porque “concurrent” todos y cada uno de los puntos del mismo para crear una ventaja competitiva en aquellos países “**promotores**” del mismo: Tienen los medios, técnicos y humanos, infraestructuras de tecnologías de la información, investigación universitaria, en cantidad y calidad suficientes, están creando la demanda temprana del producto ya desde hace unos cuantos años, están creando igualmente la intervención cruzada y complementaria de otras empresas al “*abrigo*” de BIM, **se están anticipando, con la demanda temprana –internamente en sus países** a la demanda en otros países, “*aderezada*” con **una amplia resonancia a través de los casos de estudio de éxito que se publican en medios especializados de todo tipo** (webs, foros, blogs, revistas en papel y digitales, artículos técnicos... recordamos que hay cantidad de información disponible) y como remate final: **algunos países, sus GOBIERNOS, ya se están comprometiendo en pedir las licitaciones en ese nuevo formato**, que “*casualmente*” lo dominarán ellos con los años que llevan de avance sobre el resto de países, países que, de momento,... ¿BIM?

A pesar de que Porter usó varios países como estudio de casos, su punto de vista hoy es considerado por muchos como “*demasiado americano*” y que no se ajusta bien a países pequeños. En 1993 Dunning argumentó que el punto de vista de Porter subestimaba la trascendencia de la globalización de la producción y de los mercados para la ventaja competitiva.

El modelo del Diamante de Porter ha sido criticado por diferentes autores [4] *Dunning (1990, 1992, 1993), Cartwright (1993), Rugman (1991, 1995), Verbeke (1995), Moon (1995), Bellak y Weiss (1993), Choo (1994), Tho y Tah (1998), Ezealla-Harrison (1999), Choo y Moon (2000).*

La estructura básica conceptual de Porter está ligeramente desfasada de la realidad actual. Sin embargo, sigue siendo una base apropiada para estudiar la competitividad nacional aún en el siglo XXI. Sus críticos han presentado una amplia gama de modificaciones y de modelos alternativos, pero la esencia de la estructura del Modelo de Porter permanece hasta ahora inmutable.

2.1 La peor de las sombras... BIM.

“*La educación no impedirá que Occidente se empobrezca*” según Peter Wilby [5].

*“Los europeos occidentales y los norteamericanos están a punto de sufrir una profunda conmoción. Durante los últimos 30 años, diversos gobiernos han explicado que, si bien ya no pueden proteger el empleo mediante formas tradicionales de intervención del Estado tales como subsidios y aranceles, pueden ampliar y reformar la educación a fin de maximizar las oportunidades. Si hay un número suficiente de gente que se ponga manos a la obra para adquirir habilidades y títulos de nivel superior, europeos y norteamericanos seguirán disfrutando de un nivel de vida en ascenso. Si trabajan lo bastante, cada nueva generación puede arreglárselas mejor que sus padres. **Todo lo que hay que hacer es conseguir que los colegios, en educación primaria y secundaria, den la talla y persuadir a las Universidades para que impartan habilidades "mercantilizables".** ¿BIM?*

*...“**El trabajo de conocimiento**”, la supuesta salvación de Occidente, se exporta hoy como el trabajo manual. A un mercado global masivo de trabajo no cualificado le está sucediendo rápidamente un mercado de trabajo de clase media, especialmente para industrias”... ¿BIM?*

*...“**El ritmo se acelerará. La exportación de "trabajo de conocimiento" exige sólo la transmisión de información electrónica, nada de fábricas ni de maquinaria.** Alan Blinder, antiguo vicepresidente de la Reserva Federal norteamericana, ha calculado que un cuarto de todos los empleos del sector servicios en los EE.UU. podrían acabar fuera del país...” ¿BIM?*

*...“ como error se está asumiendo que el "trabajo de conocimiento" entrañaría siempre la autonomía personal, creatividad y satisfacción en el empleo a las que estaban acostumbradas las clases medias. No entendieron que, igual que la revolución industrial permitió que el trabajo manual se convirtiera en rutina, en la revolución electrónica le sobrevendría el mismo destino a muchos empleos profesionales. **Muchas "habilidades de conocimiento" acabarán del mismo modo que las habilidades artesanales. Están siendo trituradas, codificadas y digitalizadas.** ¿BIM?*

*...“ **El taylorismo digital hace más fácil exportar empleos, pero, de forma crucial, cambia la naturaleza de buena parte del trabajo profesional.** Los aspirantes a licenciarse se enfrentan no sólo a la perspectiva de salarios más bajos, pensiones más reducidas y menos seguridad en el puesto de trabajo de lo que disfrutaron sus padres sino de carreras que les satisfagan menos. Es verdad que en cualquiera de las profesiones y empleos quedará un equipo de pensadores y “decisores” en lo más alto – tal vez un 10% o un 15% del total – **pero la gran masa de empleados, tengan o no alta cualificación, desempeñará funciones rutinarias por un modesto sueldo.** ¿BIM?*

Sólo quienes posean cualificaciones de élite de Universidades de élite (no todas en Europa o Norteamérica) obtendrán de la educación las recompensas prometidas.

Demoleador. ¿Quién o cuál de los especialistas que se deberán crear de, para, con, por BIM tendrán la consideración de “élite”? ¿La tendrá alguno? ¿Estará en lo cierto Peter Wilby?

3 CONCLUSIONES

¿Cómo se hace la transición a algo nuevo?

A nivel de Educación debe haber un impulso más que importante. ¿Cómo van las empresas a pedir el perfil de un técnico BIM si éste no se ha formado todavía? Me consta que ya hay en marcha en distintos sitios, distintas entidades, que están programando cursos de Revit y Archicad. La misma ETSIE ⁽⁵⁾, la misma UPV ⁽⁶⁾ son muestra de ello.

Pero... BIM no sólo es Revit, ArchiCad, Bentley, Allplan ⁽⁷⁾... Creo que el mensaje que está llegando es que se dan clases de Revit, plataforma o programa, da igual cual, que sirven para hacer BIM.

Pero la CONSTRUCCIÓN, la Industria de la Construcción, no es sólo diseño 3D que creo que es lo que trasciende cuando se convocan cursos de Revit, ArchiCad.

La ETSIE y cualquier otra entidad deberían enfocar BIM en el sentido más amplio posible. BIM es mucho más. Es ventaja competitiva, de momento, en el momento actual. Es cambio de mentalidad, es cambio de actitud, **es proceso productivo completo**. De principio a fin. Desde diseño a deconstrucción.

Los Arquitectos Técnicos -y ahora Ingenieros de Edificación- siempre hemos sido la parte más práctica de la edificación. Sigamos siéndolo.

Gestionar un proyecto en BIM debe ser muchas cosas que “*ni de cerca*” se ven en los cursos Revit. Creo que cualquier técnico, ya lo comenté anteriormente, está, **estamos**, capacitados para “*subirnos al carro*” del programa en cuestión. Pero BIM es mucho más.

A nivel de empresa... los resultados instantáneos no deben ser la expectativa a tener. Cuando alguien piensa en cambios todos tendemos a pensar que las cosas no se están moviendo lo suficientemente rápido. No podemos ni debemos pensar en cambios bruscos e inmediatos. **Y menos aún... a obtener resultados inmediatos**. Y...

"Lo peor es que los ejecutivos sénior, con sus visiones dogmáticas, suelen ser los que deciden qué ideas se ponen en marcha y cuáles se bloquean. Eso tiene que cambiar".

Gary Harmel, profesor de la Universidad de Michigan.

A nivel de profesionales... ¿Qué va a aportar una mayor eficiencia y eficacia, incrementar la productividad y ofrecer un valor? No es el conocimiento de tecnología adicional, pero sí nuestra capacidad de comunicarse, relacionarse, trabajar juntos, pensar uno como otro, tener empatía, entender y escuchar. Si los profesionales de la Industria de la Construcción lo quieren llevar a cabo lo harán no por aumentar su capacidad, sino por el beneficio de una mayor capacidad de participación de su alcance.

5 Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación

6 Universidad Politécnica de Valencia

7 Revit, ArchiCad, Bentley y Allplan, entre otros, son nombres o marcas comerciales de software que soporta la metodología BIM.



Todos, sin excepción, deben intervenir en el avance de BIM. Desde la Administración, el Presidente de la Multinacional, el Director de la División, El Director de la Oficina y los Empleados. Técnicos o no. Sin olvidarnos de los Profesionales, sus Asociaciones o Colegios, los fabricantes de software y las Universidades y Centros de Formación.

Para dominar BIM tiene que trascender BIM. Y no es fácil. Nada fácil.

La mayoría de la literatura (artículos, webs, blogs, foros...) que he sido capaz de encontrar y leer, relacionada con BIM se ha centrado en la tecnología, no en las personas que lo utilizan. **Cuestiones de personas y actitudes son el principal impedimento para el trabajo colaborativo** en los procesos habilitados por la tecnología. Temas humanos, temas de comunicación y la colaboración, la Cultura de Empresa, la motivación y el flujo de trabajo - problemas agravados por la llegada de BIM en el lugar de trabajo – pueden ser, son, un desafío aún mayor que la aplicación de software que ya es sin duda considerable y los problemas técnicos asociados con el uso de BIM.

Sea BIM o cualquier otro método que augure mejoras en los procesos productivos y, en consecuencia, competitividad y eficiencia debería ser sometido a estudio por parte de los agentes implicados de la forma más rápida posible y, en su caso óptimo o adecuado, aplicación.

En fin, muchas tareas, mucho camino a recorrer en el que la colaboración va a ser fundamental y el cambio de mentalidad y actitudes serán, deberán ser, el sello característico.

"Por lo general, cuando colabora con otros, usted gana, ellos ganan y el equipo gana."

John C. Maxwell

Esta es otra manera, la última que doy, de cómo ver o entender BIM:

¿Nueva fórmula para avanzar? Nuevo reto a conseguir. A todos los niveles: Educación, Empresas, Profesionales, Administración...

"Y ahí está el reto: crear organizaciones capaces de renovarse continuamente sin crisis previas que lo justifiquen".

Gary Harmel, profesor de la Universidad de Michigan.

El debate no termina aquí, apenas acaba de empezar y sería deseable esperar una vinculación real de toda la Industria de la Construcción, Administraciones, Profesionales, Fabricantes de software y Universidades, **sin exclusiones ni excepciones.**

"Tener perspectiva es más importante que tener un alto cociente intelectual. Las compañías no necesitan volverse más listas, lo que necesitan es aprender a "ver". Se hace necesario buscar en la organización a aquellos generadores de nuevas perspectivas".

Gary Harmel, profesor de la Universidad de Michigan.



4 REFERENCIAS

[1] La ventaja competitiva de las naciones. Michael E. Porter. Javier Vergara, 1991. ISBN 9501511057, 9789501511055. N.º de páginas: 1025 páginas.

[2] <http://www.materiabiz.com/mbz/gurues.vsp?nid=22600> (22 Abril de 2011)

[3] El diamante de Porter. Profesor Luis Eduardo Ayala Ruiz y Ramiro Arias Amaya, Ingeniero de Sistemas. <http://www.3w3search.com/Edu/Merc/Es/GMerc112.htm> (23 Abril de 2011). http://www.quality-consultant.com/gerentica/publicaciones/publicacion_005.htm (23 Abril de 2011). Teoría de Porter Internacional. http://es.wikipedia.org/wiki/Marketing_internacional#Teor.C3.ADA_de_la_ventaja_absoluta (23 Abril de 2011) Fuente: Diamante de Porter. http://www.12manage.com/index_es.html (23 Abril de 2011).

[4] La competitividad internacional de las naciones: Fundamentos teóricos. Rosario Ramos Ramos. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 2002. ISBN 84-95792-82-6. Disponible en Internet. <http://www.eumed.net/tesis-doctorales/rrr/1.pdf> (23 Abril de 2011).

[5] Peter Wilby, Taylorismo digital: la educación no impedirá que Occidente se empobrezca, (23 Abril de 2011) 13/3/2011, Sin Permiso (Sin Permiso es una revista de política internacional, en lengua española, de izquierdas). Escribe habitualmente en The Guardian y The Observer. Traducción para www.sinpermiso.info: Lucas Antón.



FORMACIÓN BIM EN LA UNIVERSIDAD. UNA CLAVE PARA LA EMPLEABILIDAD

Autor: Perez Dinnbier, Jaime

(1) Grupo de Usuarios de Revit de Valencia – GURV, jperdin@gmail.com

RESUMEN

En los últimos años, el dominio de herramientas BIM como Revit o ArchiCAD es uno de los criterios que los estudios de arquitectura y las grandes empresas del mundo de la construcción utilizan a la hora de seleccionar a sus futuros empleados. Debido a la complejidad de dichas herramientas, la formación es imprescindible para sacarle el máximo partido a esta metodología de trabajo. Así, a la hora de optar a un puesto de trabajo en el que el dominio de una determinada herramienta BIM es condición indispensable, la formación recibida en la Universidad puede ser la clave para ser el candidato seleccionado. La siguiente comunicación desarrolla una experiencia real de aplicación de la formación sobre BIM en la Universidad al desarrollo de la carrera profesional.

Palabras clave: EMPLEABILIDAD, FORMACIÓN, REVIT, UNIVERSIDAD

1 INTRODUCCIÓN

La transición del CAD al BIM puede llegar a ser un proceso lento y lleno de dificultades. En mi caso, la llegada al BIM se produjo por casualidad, cuando buscaba una herramienta que me permitiera modelar en tres dimensiones mis proyectos académicos. En realidad, lo que buscaba era un programa para generar la maqueta virtual del edificio que hasta entonces había desarrollado según la manera tradicional (con cartón pluma, cola...). Estas primeras experiencias, que son lo que podríamos llamar un “BIM sin la I”, no terminaron ahí, y poco a poco fui descubriendo el enorme abanico de posibilidades que ofrece esta metodología de trabajo.

Tras un breve periodo de tiempo utilizando ArchiCAD para desarrollar esas maquetas virtuales, decidí cambiar de herramienta y empecé utilizar Autodesk Revit Architecture. Para sacarle el máximo partido a una herramienta tan compleja como esta, busqué apoyo en los cursos que sobre la misma se ofrecían en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universidad Politécnica de Valencia. Gracias a estos cursos y a las experiencias derivadas de los mismos, llegué a dominar la herramienta a nivel profesional, lo que me ha facilitado el acceso al mundo laboral en una época de escasez de oportunidades para los arquitectos con pocos años de experiencia.

2 CONTENIDO

2.1. Primeros pasos

Primer contacto con el BIM. El BIM sin la “i”

Uno de los mayores atractivos del BIM para los no iniciados en esta metodología, reside en el hecho de trabajar en tres dimensiones para generar un modelo virtual del edificio que se



está proyectando. No es inusual encontrar a gente que se apunta a cursos de formación sobre alguna herramienta BIM, como Revit o ArchiCAD, pensando que es una herramienta de modelado similar a 3ds Max o SkechUp, con la única diferencia de que Revit o ArchiCAD son específicos para arquitectura. Buscan por tanto, una herramienta que les sirva para desarrollar modelos tridimensionales del proyecto arquitectónico con los que poder posteriormente generar infografías.

Los que llevamos ya algún tiempo inmersos en esta metodología de trabajo, sabemos que el BIM es mucho más que eso, y que la información asociada al modelo y las posibilidades del mismo son cada día mayores. Sin embargo, para alguien que apenas conoce lo que implica el BIM, un proyecto en Revit o ArchiCAD no es más que un modelo virtual de edificio del que podemos fácilmente obtener las plantas, alzados y secciones así como infografías que nos ayuden a “vender el proyecto”.

En mi caso, mis primeras experiencias con el BIM, no distan mucho de ese estudiante “no iniciado” que sólo ve las ventajas de trabajar en tres dimensiones, en lugar de en dos como tradicionalmente se hacía, y que da poca o ninguna importancia a toda la información que el modelo puede llevar asociada.

Durante mis estudios en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Valencia, tuve la necesidad de encontrar una herramienta que me permitiera realizar infografías de los trabajos que desarrollaba en las asignaturas de Proyectos. Tras algunas experiencias poco productivas con las primeras versiones de 3D Studio Max, que por aquel entonces no estaba tan desarrollado como hoy en día, decidí buscar un programa más sencillo para modelar mis edificios en tres dimensiones. De las diferentes (y en aquel momento escasas) opciones que había disponibles en el mercado, me decanté por la versión 8 de ArchiCAD, un programa que ofrecía una versión gratuita para estudiantes y que desde un principio me pareció interesante por estar enfocado específicamente para la arquitectura.

Estos primeros modelos que desarrollé en ArchiCAD son lo que podríamos llamar un “BIM sin la I”, ya que eran modelos virtuales del edificio sin ninguna información asociada. A pesar de empezar a utilizar esta nueva herramienta, mi metodología de trabajo no había cambiado prácticamente. Seguía generando los planos (plantas, alzados, secciones y detalles constructivos) con AutoCAD, y el modelo de ArchiCAD era sólo una maqueta virtual que me servía para generar las imágenes del proyecto. Había pasado de construir maquetas con cartón pluma, cola y mucha paciencia a construirlas con una herramienta informática, lo que simplificaba el proceso, reducía los errores y me permitía realizar cambios y obtener las vistas deseadas con relativa facilidad.

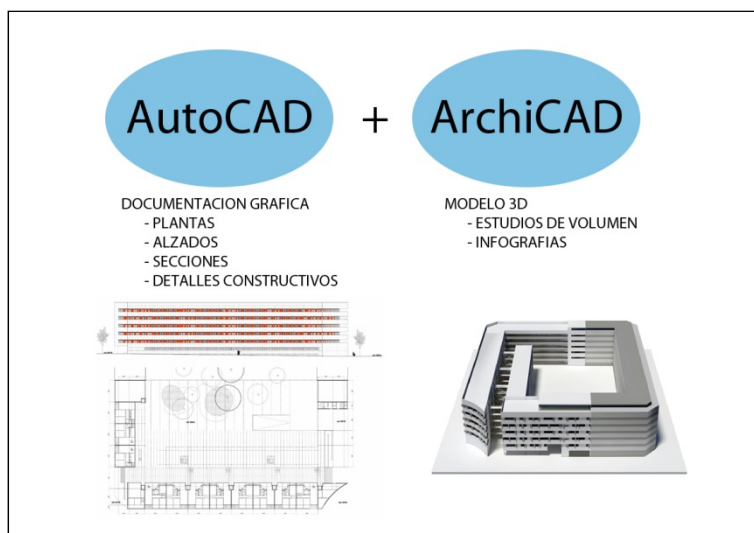


FIG.1 Esquema: Un modelo BIM sin la "I". 2013. Fuente: Elaboración propia.

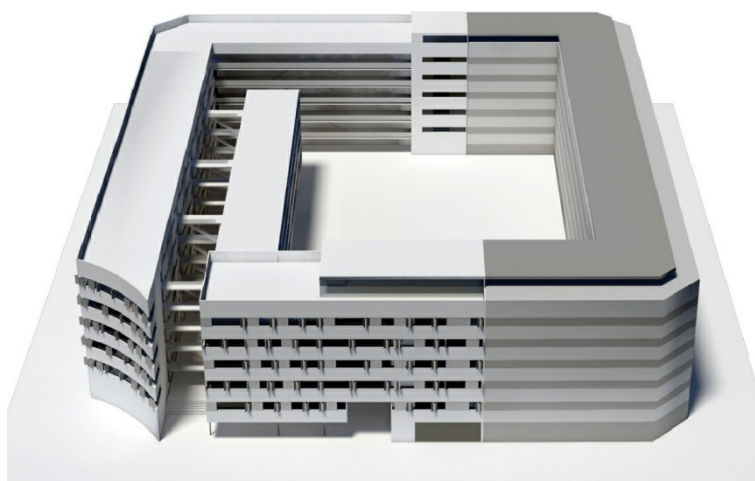


FIG.2 Ejemplo de modelo BIM sin la "I". Modelo tridimensional desarrollado en ArchiCAD. 2010.
Elaboración propia.

Ese modelo tridimensional puede ser algo más

En la fase final de mis estudios de arquitectura, tuve la oportunidad de realizar 12 meses de prácticas en un estudio de arquitectura y urbanismo en la ciudad de Los Ángeles (Estados Unidos). Allí, y gracias al contacto con otros estudiantes de arquitectura que realizaban sus prácticas en el mismo estudio, oí hablar por primera vez de un programa que decían que iba a revolucionar la manera de trabajar de los arquitectos. El programa era Revit Architecture, el homólogo a ArchiCAD pero adquirido y desarrollado por Autodesk.

El hecho de que en Estados Unidos se estuviera imponiendo poco a poco esta nueva forma de trabajar me hizo empezar a pensar que esa herramienta, que hasta ahora sólo me servía para generar infografías, podía ofrecerme muchas más ventajas a la hora de proyectar, y me llevó a investigar más sobre el tema. Desde un primer momento tuve claro que había que "estar al día", y que igual que habíamos pasado de dibujar a mano a hacerlo con la ayuda del ordenador, podía haber un siguiente paso en la evolución de la forma de trabajar del



arquitecto, aunque por aquel entonces no era consciente de las ventajas que esta metodología podía conllevar.

2. 2. Necesidad de formación

Curso de iniciación al BIM con Autodesk Revit Architecture

La transición de CAD al BIM es compleja, y llegar a dominar una herramienta como Revit Architecture requiere tiempo y mucha paciencia. El proceso de aprendizaje es lento y muchas veces nos cuesta conseguir nuestros objetivos, sobre todo cuando nos salimos de los estándares y queremos hacer algo distinto.

En mi caso, para poder sacarle el máximo partido al programa, y después de unos meses siguiendo tutoriales por internet, decidí buscar un curso presencial sobre Revit Architecture. De las escasas opciones de formación sobre la materia que había en aquel entonces, me decidí por el “Curso de Iniciación al BIM. Revit Architecture de Autodesk” que impartía el profesor D. Alberto Cerdán Castillo en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universidad Politécnica de Valencia. Unos años después, puedo asegurar que este curso fue el empujón definitivo para sumergirme en el mundo BIM y que me ha servido para poder desarrollar mi carrera profesional en unos tiempos en los que es sumamente complicado abrirse camino en el mundo de la arquitectura.

El curso de iniciación tenía una duración de 40 horas repartidas en 8 sesiones presenciales en las que tras la explicación teórica por parte del profesor de los conceptos y técnicas fundamentales para el manejo de la herramienta, se aplicaba lo aprendido al modelado de una vivienda unifamiliar. Además del trabajo en las sesiones presenciales, era imprescindible seguir desarrollando el modelo fuera del aula para llegar a asimilar todas las técnicas de trabajo. Para poder optar al certificado de aprovechamiento del curso, había que entregar el modelo de la vivienda así como los planos del proyecto en formato digital.

El grupo de estudiantes expertos de Autodesk

Debido a la calidad del trabajo presentado, fui seleccionado junto con otros dos estudiantes de la Universidad Politécnica de Valencia para formar parte del recién creado “Grupo de Estudiantes Expertos de Autodesk”. Esta iniciativa, promovida por la empresa de software, busca dar a conocer sus aplicaciones entre los estudiantes de arquitectura, ingeniería y diseño. Para ello, ofrece soporte y formación especializada a un selecto grupo de estudiantes, que a su vez realiza esta labor de apoyo al resto de estudiantes en sus respectivas Universidades.

Como Estudiante Experto he participado, junto con otros estudiantes de Universidades Europeas, en el “Autodesk WoodStEx” en las ediciones de 2011 y 2012. En estas jornadas organizados por Autodesk en Munich y Barcelona, tuve la oportunidad de recibir formación específica sobre las herramientas de diseño de Autodesk como Revit, Vasari o 3ds Max por parte de expertos de reconocido prestigio. Estos encuentros suponen además una gran oportunidad para debatir y compartir experiencias y hacer networking con el resto de estudiantes, establecer relaciones profesionales con expertos y ejecutivos de Autodesk y obtener una visión de futuro sobre las próximas tendencias tecnológicas.



FIG.3 Grupo de Estudiantes Expertos de Autodesk. WoodStEx 2011. 2011. Autodesk.

Asimismo, como estudiante experto, he colaborado con el Autodesk Training Center (ATC AEC) de la Universidad Politécnica de Valencia en la organización de diferentes actividades y eventos para dar a conocer y fomentar el uso de BIM, como son las "Primeras Jornadas de Certificación de Autodesk Revit Architecture y AutoCAD" que tuvieron lugar en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universidad Politécnica de Valencia en Noviembre de 2011, la sesión técnica sobre la herramienta de diseño Vasari para el Grupo de Usuarios de Revit de Valencia (GURV), o los exámenes de certificación que tuvieron lugar durante el EUBIM 2012 (Primer Encuentro de Usuarios de BIM) que se celebró en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universidad Politécnica de Valencia en Mayo de 2012. Experiencias que me han servido para contactar y conocer a gente que comparte el interés por el BIM, así como para compartir experiencias y conocimiento con otros entusiastas de esta metodología de trabajo.



FIG.4 Primeras Jornadas de Certificación de Autodesk Revit Architecture y AutoCAD. 2011. ATC AEC UPV

2. 3. Aplicación de la formación a nivel local e internacional.

Primeras experiencias a nivel local

Una vez finalizados mis estudios de arquitectura, empecé a tener las primeras experiencias profesionales colaborando en diferentes estudios de arquitectura en la ciudad de Valencia. De entre todas ellas destacan dos por su vinculación con el BIM. Por un lado, tuve la oportunidad de participar activamente en el Proyecto de Investigación y Desarrollo [1] de un despacho de arquitectura local en colaboración con una importante firma del sector maderero. El proyecto consistía en el estudio y desarrollo de cinco prototipos de vivienda mediante un sistema constructivo basado en el empleo de paneles de madera contralaminada. La modularidad de los paneles empleados para la estructura y envoltorio del edificio, así como el interés por estandarizar al máximo las soluciones y detalles constructivos y la importancia de la coordinación, hacían del BIM la mejor metodología para enfrentarse al proyecto.



FIG. 5 Prototipo realizado para el “Proyecto de desarrollo del Sistema X-LAM BBS Pannels”. 2012.
SSMDV Arquitectos



FIG. 6 Prototipo realizado para el “Proyecto de desarrollo del Sistema X-LAM BBS Pannels”. 2012.
SSMDV Arquitectos

Por otro lado, tuve la oportunidad de aplicar todo lo aprendido sobre Revit al desarrollo de proyectos de habilitación de locales comerciales para franquicias del sector de la medicina estética, colaborando en otro estudio de arquitectura local. Esta experiencia me permitió desarrollar nuevas capacidades y conocimientos sobre BIM y Revit. Mi principal responsabilidad consistía en el desarrollo de los proyectos en Revit Architecture. Además, era el encargado del modelado de familias de mobiliario e iluminación, y del mantenimiento y gestión de la biblioteca y las plantillas de proyecto, buscando optimizar dichas plantillas para acortar el proceso de modelado y documentación de los proyectos.

Experiencia internacional

Debido a la situación poco halagüeña en nuestro país para un arquitecto con pocos años de experiencia, decidí empezar a buscar alternativas y opciones de trabajo fuera de España. Mi objetivo era claro: buscar trabajos en los que seguir aprendiendo y desarrollando lo asimilado sobre BIM en general y Revit en particular. Así, comencé a preparar mi portfolio y mi currículum para poder presentar mis candidaturas a aquellas ofertas de trabajo en las que el dominio del Revit fuera uno de los criterios de selección principales.

Una vez preparada mi carta de presentación y mi portfolio, en el que había una muestra seleccionada de mis principales trabajos académicos y profesionales, contacté con una multinacional holandesa del mundo del Retail que buscaba a un especialista en Revit para su departamento de Arquitectura e Interiorismo. El puesto ofrecido se ajustaba a mi perfil, ya que tenía experiencia trabajando en proyectos de habilitación de locales comerciales para franquicias (aunque para otro sector y a menor escala). Además para poder optar al mismo, el manejo del Revit Architecture a nivel profesional era condición indispensable. Tras varias



entrevistas en las que tuve que demostrar, entre otros aspectos, mis habilidades en el manejo del Revit modelando familias, me ofrecieron el puesto de “Revit Specialist”.

Actualmente desarrollo mi carrera profesional en Amsterdam como arquitecto y especialista de Revit para esta multinacional holandesa que lleva unos años apostando por el Revit como herramienta para desarrollar sus proyectos. Entre mis funciones destacan el apoyo a los miembros del equipo de arquitectos e interioristas, solucionando los problemas y dudas que surgen en el manejo del Revit, la gestión y coordinación de la biblioteca de familias y las plantillas de proyectos, así como la preparación de exposiciones teóricas y prácticas sobre el mundo BIM y sobre Revit a los miembros del equipo..

La empresa destaca por tener más de 6000 puntos de venta distribuidos por todo el mundo. El diseño de esos puntos de venta, que van desde pequeños espacios en galerías comerciales hasta grandes tiendas de 400 a 600 metros cuadrados, corresponde a un equipo de 15 arquitectos que trabajan en coordinación con 15 “project managers” encargados de la gestión de la obra. Las diferentes características y necesidades de los puntos de venta hacen que sea importante tener plantillas de proyecto específicas para cada tipo de local, pues no es lo mismo habilitar un local comercial para uso exclusivo de la tienda que colocar un punto de venta de 25 metros cuadrados junto a otras marcas en una galería comercial. Una de mis responsabilidades principales consiste en el desarrollo, gestión y actualización de esas plantillas de proyecto en las que continuamente se busca la manera de optimizarlas para facilitar el desarrollo y documentación de los proyectos por parte del equipo de arquitectos.

Uno de los distintivos de la empresa es el hecho de que todo el mobiliario y los expositores a utilizar en las tiendas está diseñado por el departamento de D&D (Design and Development). La biblioteca de componentes de Revit está formada por más de 300 familias propias, que corresponden a los diseños de dicho departamento. Durante los últimos meses, hemos revisado, actualizado y organizado esta biblioteca para por un lado facilitar su manejo por parte de los arquitectos y por otro mejorar o aumentar la información que los componentes llevan asociada. A todas las familias que reproducen mobiliario o expositores destinados a presentar ropa para su venta, se les han asociado parámetros para controlar el máximo y mínimo número de piezas de ropa que pueden albergar, con el fin de obtener fácilmente una estimación aproximada de la capacidad real de la tienda (piezas por metro cuadrado).

3 CONCLUSIONES

Las ventajas del BIM frente al CAD a la hora de desarrollar los proyectos, está llevando a los arquitectos e ingenieros a adoptar esta metodología de trabajo para ser competitivos y trabajar de manera más eficiente. La complejidad de las herramientas BIM hace que sea más que recomendable la realización de cursos de formación para poder sacar el máximo partido y desarrollar todo el potencial que nos ofrecen. La importancia de estos cursos radica, no sólo en la formación impartida, sino también en el intercambio de experiencias con otros usuarios que han decidido introducirse o seguir avanzando en esta metodología de trabajo. Desde el punto de vista de la empleabilidad, el hecho de haber recibido formación sobre BIM en la Universidad, es sin lugar a dudas un valor añadido que nos puede ayudar a lograr el objetivo de conseguir un nuevo empleo.



En el caso real presentado en esta comunicación, la formación recibida en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universidad Politécnica de Valencia sirve como punto de partida para la inmersión en el mundo y la metodología BIM. Los cursos de iniciación y de técnicas de trabajo avanzadas con Autodesk Revit Architecture impartidos por dicha Escuela sirven para desarrollar aptitudes y conocimientos sobre la herramienta que son aplicados posteriormente en experiencias de trabajo tanto a nivel local, en la ciudad de Valencia, como a nivel internacional, en una multinacional holandesa del sector del Retail.

4 REFERENCIAS

- [1] “Proyecto de desarrollo X-LAM BBS PANELS”. SSMDV ARQUITECTOS + SISTEM COSTRUZIONI. 2012



EL BIM EN LA FORMACIÓN PROFESIONAL. INTEGRACIÓN EN LOS ESTUDIOS DE TÉCNICO SUPERIOR DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN.

Autor: Mora Pueyo, Augusto

(1) Arquitecto. Profesor de Proyecto de Edificación. amorap@educa.aragon.es.

RESUMEN

El proceso de introducción de la tecnología Building Information Modeling (BIM) en los estudios reglados de formación profesional de grado superior es una tarea ardua pero también un reto apasionante. Por su naturaleza, el BIM es multidisciplinar y complejo, requiere que los alumnos tengan conocimientos previos de construcción, se necesitan profesores de todos los módulos-materia que dominen esta tecnología para poder transmitir su conocimiento de forma integrada y se precisa un tiempo adicional para incorporar esta formación en el ya de por sí apretado calendario del Ciclo Formativo de Grado Superior (CFGS), que sólo cuenta con dos cursos lectivos. El objeto de este estudio es verificar si estos problemas son comunes a la generalidad de los centros que imparten estos estudios en el territorio nacional, ver el grado de implantación de esta tecnología en los mismos y plantear posibles soluciones para facilitar la inclusión del BIM en el currículo del CFGS, de cara a que la formación recibida por los alumnos les posibilite una mejor integración laboral.

Palabras clave: BIM, currículo, educación, formación profesional

1 INTRODUCCIÓN

Las nuevas tecnologías que están apareciendo en el ámbito del diseño y construcción arquitectónicos requieren profesionales con el conocimiento adecuado de las mismas. La cada vez mayor complejidad del hecho arquitectónico y constructivo, con la participación de equipos multidisciplinarios, hace que sea preciso manejar herramientas informáticas que permitan el desarrollo simultáneo del edificio enfocado desde distintas áreas de conocimiento. El BIM permite esa aproximación, y los técnicos en desarrollo de proyectos de edificación pueden encontrar, en el uso de este tipo de aplicaciones informáticas, una ventaja competitiva que les permita integrarse en grupos de trabajo, de forma operativa y productiva desde el primer día.

En este documento se pretende analizar la presencia del BIM en la docencia del CFGS de Proyectos de Edificación, los problemas para su inclusión en el currículo oficial, y plantear posibles soluciones a los mismos desde los propios centros.

2 METODOLOGÍA DE ESTA INVESTIGACIÓN

2.1 Escenario de partida y alcance de la investigación

Esta investigación se ciñe al ámbito docente de los estudios de CFGS de proyecto de edificación en España.

La formación profesional de grado superior en España forma parte del ámbito de educación superior [1], al igual que la formación universitaria, y existen puentes de convalidación, homologación o reconocimiento de créditos entre ambos tipos de Enseñanza [2], por lo que muchos de los estudiantes que cursan un CFGS continúan posteriormente su formación con un grado universitario.

La formación profesional reglada del sistema educativo en España permite que los alumnos consigan un título de técnico superior tras superar un periodo académico de 2 cursos lectivos, que es la duración de los CFGS. Los últimos 3 meses corresponden a un periodo de formación en centro de trabajo (FCT) bajo una doble tutela y supervisión, desde el centro educativo y desde el centro de trabajo, lo que permite conocer las necesidades formativas reales que se demandan desde las empresas, de forma regular y sistematizada a través de encuestas a las empresas y al alumnado de FCT.

El CFGS “proyectos de Edificación” forma profesionales que se pueden integrar en estudios de Arquitectura, oficinas técnicas de Ingeniería, empresas constructora [3], si bien, tradicionalmente esta titulación ha sido conocida como “delineante de construcción”.

Es, en definitiva, una formación versátil, con una alta carga tecnológica y una dependencia importante de las herramientas informáticas.

2.2 Detección de la necesidad y formulación del problema.

Desde el Ciclo Formativo de Edificación en el CPIFP Pirámide de Huesca, se ha detectado que las empresas con las que se colabora a través de las prácticas demandan cada vez más profesionales cualificados en el manejo de programas en 3D para desarrollo de proyectos de edificación [4].

Por esta razón es necesario transmitir el conocimiento del BIM al alumnado y para conseguirlo es preciso introducir el aprendizaje de programas informáticos adecuados en el currículo.

Implantar formación en BIM en el CFGS de Edificación plantea varios problemas:

1. Escasez de profesorado con conocimientos de BIM
2. Necesidad de conocimientos de construcción para manejar las herramientas BIM.
3. Falta de tiempo material para impartir formación en BIM

El primer problema es evidente. Hay escasez de profesorado con los conocimientos de BIM suficientes, situación que se da también en otros países [5]. El BIM es una tecnología relativamente novedosa, porque a pesar de tener más de 20 años, cuenta con poca implantación a nivel nacional, aunque su crecimiento es muy rápido, y con una amplia difusión fuera de España [6] Para conseguir una integración multidisciplinar sería preciso utilizar el BIM como herramienta vehicular en muchos módulos, y eso requiere una amplia base de profesores con conocimientos suficientes de BIM.

La situación económica actual no es favorable a la ampliación o consolidación de plantillas en los centros educativos, al contrario, se están recortando muchas plazas, y se están recortando sueldos. Eso provoca que las plantillas sean inestables, que el profesorado, en general, esté desmotivado y sea reacio a implicarse y dedicar esfuerzo a algo que es posible que en el futuro no tenga continuidad.



El segundo problema implica que puede resultar complicado e infructuoso pretender enseñar aplicaciones BIM al alumnado de primer curso, pues es evidente que no tienen los conocimientos mínimos necesarios para comprender y aplicar estrategias de trabajo o de modelado de edificios y elementos constructivos concretos y por tanto es necesario recurrir a integrar la enseñanza del BIM en cursos avanzados [7]

El tercer problema deriva de los dos anteriores, ya que el uso y la formación en BIM se concentrarían en materias de segundo curso y solo en aquellas en las que el profesorado tuviera los conocimientos precisos para su aplicación. Eso implica un consumo de tiempo importante en unos módulos concretos, que puede afectar a la programación de las distintas unidades didácticas.

Sería preciso encajar la formación en BIM en la programación anual de los módulos, pues los objetivos del currículo son muy ambiciosos.

En programas formativos de duración más larga, como los títulos universitarios relacionados con la construcción y la arquitectura es posible integrar la formación en BIM de múltiples formas, en general partiendo de cursos o asignaturas específicas y con un nivel de profundidad mayor, donde hay más tiempo disponible para repartir entre las distintas áreas de conocimiento [8].

2.3 Verificación del problema.

Para corroborar el problema y ver si se mantiene en todo el ámbito geográfico español, se ha optado por realizar una encuesta dirigida a una muestra de 46 centros de formación profesional. Esta muestra se ha realizado accediendo a través de la página web del organismo de cada Comunidad Autónoma encargado del área de Educación, en la que se ha podido acceder a los datos de contacto de los centros que imparten el CFGS de Proyecto de Edificación.

Se ha enviado una encuesta con varias preguntas a cada centro, relacionadas con el grado de adopción y formación de la tecnología BIM.

Se han recibido un número bajo de respuestas (sólo 4) pero en todas, la respuesta ha sido negativa: en ningún centro de los que han respondido se ha implantado el BIM en la formación de técnicos superiores en desarrollo de proyectos de edificación.

De las 4 respuestas, tres de ellas focalizan el problema en dos aspectos fundamentales: la falta de profesorado con formación suficiente en BIM y la falta de tiempo para impartir la enseñanza de BIM al alumnado. La cuarta respuesta no se ha planteado la implantación del BIM y muestra cierto desinterés por esta tecnología.

Otros autores, en estudios comparables, han realizado encuestas similares con resultados parecidos tanto a nivel nacional como internacional.

Paloma Prieto [9] ha detectado que las causas de no implantación del BIM en la universidad son, entre otras, por falta de experiencia docente (29%) o de falta de profesorado capacitado (46%).

Burcin Becerick-Berger y otros, [10] en su trabajo "The pace of technological innovation in architecture, engineering, and construction education: Integrating recent trends into the curricula" han elaborado encuestas cuyos resultados sobre posibles razones de la no



incorporación del BIM en el currículo universitario de estudios AEC (Architecture, Engineering & Construction) son del 55% a causa de que no hay quien lo enseñe, de un 45% a causa de recursos inadecuados para cambiar el currículo o del 35% para la falta de espacio en el currículo.

Por debajo del nivel universitario, también se han realizado trabajos de investigación sobre la integración del BIM e la enseñanza, con resultados muy similares. Farid J. Sabongi [11] concluye en su estudio que la implantación en la formación pre-universitaria en Estados Unidos es baja, en torno al 10%, aunque el uso del BIM para la nueva construcción en el sector privado y en la Administración sea amplio.

3 PLANTEANDO POSIBLES SOLUCIONES.

A la vista de los tres problemas básicos detectados, unas posibles soluciones para combatirlos de la forma más eficaz posible serían:

3.1 Soluciones propuestas para el primer problema “Escasez de profesorado con conocimientos suficientes de BIM”

La estrategia que podría seguirse para resolver este problema sería:

- Concienciación e implicación del profesorado para utilizar las herramientas BIM como instrumentos de transmisión de conocimiento y su aplicación real en el trabajo de los estudios de arquitectura y oficinas técnicas de proyectos.

En la actual coyuntura económica, los estudios que no pueden garantizar un número mínimo de alumnado tienen un alto riesgo de desaparición y por tanto de amortización de puestos de trabajo para los docentes. El profesorado de CFGS de Proyecto de Edificación debe ser consciente que su futuro laboral está ligado a la demanda que haya de estos estudios. Si el futuro alumnado no es capaz de ver la utilidad y versatilidad de aquello que va a estudiar, posiblemente opte por otros estudios o por otro centro. El profesorado debe hacer lo posible para ofrecer a los futuros alumnos unas herramientas útiles y que incrementen las posibilidades de encontrar trabajo, y el BIM lo posibilita [12], ya que a medida que se adopta esta tecnología por parte de las empresas genera nuevas necesidades de personal que sepa manejarlo.

- Elaborar un plan de formación del profesorado del CFGS de proyectos de edificación para instruirlos en los procedimientos de trabajo basados en BIM y el manejo de las herramientas informáticas adecuadas.

Dado que las competencias en Educación están transferidas a las CC.AA. este plan de formación debería redactarse desde el ámbito autonómico, ya sea desde una sola comunidad o varias de forma conjunta.

- Elegir una aplicación informática BIM con una curva de aprendizaje reducida, que permita en un periodo de instrucción relativamente corto, obtener resultados operativos aceptables, para minimizar el tiempo consumido en instruir al alumnado y al profesorado en el manejo específico de la herramienta y poder sacar provecho cuanto antes para la transmisión de conocimiento específico de cada módulo-materia.

Una aplicación que requiera un periodo largo de aprendizaje, que no ofrezca resultados aceptables a corto plazo, genera desánimo entre sus usuarios.

- Diseñar un equipo docente estable en cada centro, para que la pervivencia y continuidad de un proyecto a largo plazo, como es la aplicación docente de la tecnología BIM, no esté sujeta a vaivenes de personal, cada uno con sus gustos y preferencias al respecto. El BIM muestra todo su potencial cuando integra todas las disciplinas y materias ligadas al diseño y construcción, y mucho más cuanto mayor es la complejidad del proyecto a desarrollar [13].

3.2 Soluciones propuestas para el segundo y tercer problema “Necesidad de conocimientos de construcción para manejar las herramientas BIM.” y “Falta de tiempo material para impartir formación en BIM

En este caso, el problema radica en la distribución de contenidos globales en el currículo del CFGS y en que el alumnado que accede al ciclo no tiene, en general, suficientes conocimientos de construcción para poder afrontar el aprendizaje y uso del BIM desde el primer día.

El BIM requiere para su correcto manejo tener conocimientos suficientes de las materias relacionadas con la construcción de edificios, con el BIM no se dibuja, se construye un edificio de forma virtual. Los alumnos del ciclo formativo de grado superior desarrollan su aprendizaje a lo largo de 2000 horas lectivas distribuidas a lo largo de dos cursos conforme al currículo estatal del título [14].

En el primer curso, se imparten, entre otros, los siguientes módulos que introducen al alumno en los conocimientos teórico-prácticos relacionados con la construcción: estructuras de edificación (6 ECTS), representaciones de construcción (18 ECTS), replanteos de construcción (7 ECTS), diseño y construcción de edificios (9 ECTS), instalaciones de edificación (8 ECTS) y planificación de construcción (6 ECTS). Estos contenidos se desarrollan a lo largo de 9 meses.

En el segundo curso se imparten, entre otros, los módulos de eficiencia energética en edificación (4 ECTS), desarrollo de proyectos de edificación no residencial (9 ECTS), Mediciones y valoraciones de construcción (6 ECTS) y desarrollo de proyectos de edificación residencial (11 ECTS). Estos contenidos se desarrollan a lo largo de 6 meses, y los tres meses restantes del curso, el alumnado realiza prácticas en empresas (módulo FCT de Formación en Centros de Trabajo, 22 ECTS).

De cara a elegir los módulos-materia de un curso en los que poder introducir el BIM, parece claro que deben reunir unos requisitos:

- Se necesitan unos conocimientos previos suficientes de construcción por parte del alumnado.
- Tiene que ser un módulo presencial, antes de que el alumno abandone el centro, con seguimiento continuo por parte del profesorado para resolver de forma inmediata las cuestiones operativas e instrumentales que pueda plantear el uso de aplicaciones BIM, lo que descarta el módulo FCT y el de proyecto en edificación.



- Se requiere que el alcance y contenido del módulo o módulos esté relacionado y sea suficientemente amplio, (implicación de mucho profesorado). En caso de que sólo fuera posible implantar esta tecnología en uno o dos módulos, estos deberían ser suficientemente amplios y generalistas como para abarcar el máximo posible de aspectos y temas de la construcción de edificios.

Por tanto, para conseguir integrar el BIM en el currículo, debería incorporarse en al menos dos módulos, uno en primer curso (representaciones de construcción) y otro en segundo curso (desarrollo de proyectos de edificación residencial).

El módulo de Representaciones de construcción que se imparte en primer curso tiene una carga lectiva suficiente, de 290 horas, y entre sus contenidos figuran muchos que son perfectos para la aplicación de la tecnología BIM en su aprendizaje

El Módulo de desarrollo de proyectos de edificación residencial, que se imparte en segundo curso, con una carga lectiva de 160 horas, puede ser el más adecuado para adquirir un conocimiento del BIM más profundo, pues su alcance abarca la práctica totalidad de aspectos de la construcción y la duración del mismo permite también acoger la formación en BIM.

Otros módulos no parecen tan apropiados, sobre todo porque su número de horas disponible es menor, lo que conllevaría una mayor dificultad para dedicar tiempo en exclusiva a la formación en tecnología BIM. Sin embargo debería hacerse un esfuerzo para, al menos, sacar provecho de esta tecnología en módulos como Planificación de construcción, Eficiencia energética en edificación [15] o Mediciones y valoraciones [16], pues la tendencia del mercado es precisamente hacer que el BIM sea el centro en torno al cual pivote toda la generación de documentación del proyecto, la herramienta de coordinación de un equipo multidisciplinar [17]

Además, diversos estudios afirman que el aprendizaje de las materias propias de la arquitectura y la construcción es más eficaz si se utilizan aplicaciones BIM [18]

3.3 Solución aportada desde el CPIFP Pirámide.

En el caso del CPIFP Pirámide de Huesca, la estrategia que se ha planteado para buscar solución a los problemas enunciados es la siguiente:

a) Formación del profesorado:

A lo largo del curso 2011-12, se evaluó desde el Departamento de Edificación y Obra Civil la necesidad de establecer acciones formativas para el profesorado para adquirir habilidades en BIM. Esta acción formativa se canalizó a través del Centro de Profesores y Recursos (CPR) de Huesca, con un alcance regional, es decir, destinado a personal docente de todo el ámbito de Aragón.

- Se eligió una aplicación BIM concreta (Revit Architecture) por su curva de aprendizaje reducida, su disponibilidad y su demanda creciente de formación frente a otras aplicaciones [19] y su nivel de implantación [20]. Se diseñó un curso de 25 horas para su difusión entre los profesores que abarcaba el funcionamiento principal del programa.

- En septiembre de 2012 se realizó esta acción formativa, para un total de 6 profesores de la Comunidad Autónoma.



- Este mismo curso, con ligeras variaciones, se ha impartido en dos sesiones más, destinado a empresas y profesionales, pero abierto también a profesores y alumnos.

b) Elección del módulo para impartir formación en BIM en el CPIFP Pirámide.

A nivel local del CPIFP Pirámide, el módulo elegido para transmitir a los alumnos conocimientos sobre estrategias de trabajo basadas en BIM ha sido para este curso 2012-2013 el de Desarrollo de proyectos de edificación residencial, que se imparte en el segundo curso del ciclo.

Los alumnos llegan a este módulo con conocimientos suficientes de construcción y de CAD, porque los han adquirido en los módulos realizados en el primer curso.

Los resultados obtenidos son en general, satisfactorios [21]. El alumnado ha acogido favorablemente el uso del programa Revit para el desarrollo parcial de sus trabajos, completándolos con la ayuda de otros programas gráficos, como AutoCAD y SketchUP, de presupuestos (Presto y Arquímedes) o planificación (MS Project).

No obstante, esta experiencia piloto también ha demostrado que es necesaria una instrucción específica en el uso del programa, ya que ante el menor obstáculo la tendencia general es volver al uso de herramientas CAD que no permiten una fácil adaptación a una forma de trabajo colaborativa como el BIM.

4 CONCLUSIONES

Las conclusiones que se extraen de este estudio son las siguientes:

- La figura del delineante tradicional trabajando sobre un tablero de dibujo es historia. En la actualidad los delineantes tienen que trabajar para equipos multidisciplinares, en los que se necesita colaborar junto a profesionales y especialistas de diversos sectores utilizando las herramientas adecuadas, como el BIM.

La oferta educativa de nivel superior relacionada con la construcción disponible en España, no se ha adaptado todavía a esta necesidad. En especial, los centros que imparten el CFGS de proyectos de edificación carecen de cualquier referencia al BIM en sus estudios, en general por falta de formación del profesorado y por falta de tiempo para incluirlo.

- Es necesario implementar la formación en sistemas BIM en los estudios del CFGS de proyectos de edificación para mejorar su cualificación, hacerlos capaces de trabajar en entornos colaborativos y multidisciplinares y que, de esa forma, tengan mayores oportunidades de trabajo que solamente con formación en CAD. Si las posibilidades de encontrar un trabajo se amplían, estos estudios pueden resultar más atractivos y por tanto tener una mayor demanda, lo que posibilitaría por lo menos mantener las plazas de docentes o incluso incrementarlas.

- Para poder implementar dicha formación en el currículo, es preciso implicar al profesorado y formarlo adecuadamente, con todo lo que ello conlleva, a nivel de estabilidad laboral y motivación. Sin la implicación del profesorado es imposible llevar a cabo la implantación de nuevas tecnologías como el BIM en la docencia del CFGS. No se puede transmitir conocimiento de lo que no se conoce o en lo que no se cree.

5 REFERENCIAS

- [1] Real Decreto 1147/2011, de 29 de julio, por el que se establece la ordenación general de la formación profesional del sistema educativo. Art. 14 punto 2º.
- [2] Real Decreto 1618/2011, de 14 de noviembre, sobre reconocimiento de estudios en el ámbito de la Educación Superior. Anejo 1.
- [3] Ciclos formativos de grado superior. Descargado en 18 de marzo de 2013 desde <http://www.cpihppiramide.com/p19.htm#s7>
- [4] Encuestas anuales a empresas colaboradoras con el CPIFP en Formación de Centros de Trabajo. Archivo del CPIFP Pirámide de Huesca. De 2008 a 2012.
- [5] Magdy M. Ibrahim. *Teaching BIM. What is missing?* 3rd Int'l ASCAAD Conference on Em'body'ing Virtual Architecture ASCAAD-07, Alexandria, Egypt pag 652.
- [6] Smart Market Report. *"The Business Value of BIM in Europe"*. McGraw-Hill CONSTRUCTION 2010. Pág. 11 y 12
- [7] Sah, V., & Cory, C. (2009). *Building Information Modeling: An Academic Perspective*. Technology Interface Journal, 10 n2. (Winter Special Issue 2009). pag 4
- [8] Barison, M. B., & Toledo Santos. (2010). *Review and analysis of current strategies for planning a bim curriculum*. <http://itc.scix.net/data/works/att/w78-2010-83.pdf>. Consultado 8 de marzo de 2013
- [9] Prieto Muriel, Paloma (2010) *Implantación de la tecnología BIM en estudios universitarios de Arquitectura e Ingeniería* Trabajo de fin de máster universitario en investigación (MUI) en Ingeniería y Arquitectura. Universidad de Extremadura. Pag 19,
- [10] Becerik et al, (2011) *The pace of technological innovation in architecture, engineering, and construction education: integrating recent trends into the curricula*. ITcon Journal of Information Technology in Construction Vol. 16 (2011), ISSN 1874-4753., pg. 419, fig 7.
- [11] Sabongi, Farid J. (2009) *The Integration of BIM in the Undergraduate Curriculum: An Analysis of Undergraduate Courses*. In Proc., 45th Annual Conference of ASC. <http://ascpro0.ascweb.org/archives/2009/CEUE90002009.pdf>. Fecha de acceso 29 de marzo de 2013.
- [12] Barison, Maria Bernardete, and Eduardo Toledo Santos (2010) *.An Overview of BIM Specialists*. In Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, Nottingham University Press.
- [13] Khanzode A, Fischer M. (2008) *Benefits and Lessons Learned of Implementing Building Virtual Design and Construction (VDC) Technologies for Coordination of Mechanical, Electrical, and Plumbing (MEP) Systems on a Large Healthcare Project*. ITcon Vol. 13, Special Issue. http://www.itcon.org/cgi-bin/special/Show?2007bim_use Case Studies of BIM usePg. 324-342. <http://www.itcon.org/2008/22>.http://itcon.org/cgi-bin/works/AdvancedSearchForm&search=/Show?2008_22. Fecha de acceso 3 de marzo de 2013.



[14] Orden EDU/2899/2010 de 2 de Noviembre por la que se establece el currículo del ciclo formativo de Grado Superior correspondiente al título de Técnico Superior en Proyectos de Edificación. BOE 273 de 11 de noviembre de 2010.

[15] Cho, Chung-Suk, Don Chen, and Sungkwon Woo (2011). *Building information modeling (BIM)-based design of energy efficient buildings*.

<http://www.iaarc.org/publications/fulltext/S31-1.pdf>. Fecha de acceso 29 de marzo de 2013.

[16] Gier, D. M. (2008.). *What Impact Does Using Building Information Modeling Have on Teaching Estimating to Construction Management Students?* Pags 4 y 5

<http://ascpro.ascweb.org/chair/paper/CEUE179002008.pdf>

[17] Ashcraft, H. W. (2009). *Building information modeling: a framework for collaboration*. Society of Construction Law International Conference, London 2008.

[18] Mulva, Stephen, and Tisdell, Robert (2007) AC 2007-2900: *Building Information Modeling: a New Frontier for Construction Engineering Education*. In Proceedings of 2007 ASEE Annual Conference and Exposition Pp. 24–27.

http://icee.usm.edu/ICEE/conferences/asee2007/papers/2900_BUILDING_INFORMATION_MODELING_A_NEW_FRONTIER.pdf. Fecha de acceso 29 de marzo de 2013.

[19] Estadísticas de búsqueda de Google sobre cursos de distintas aplicaciones BIM.

<http://www.google.es/trends/explore#cat=0-958&q=revit%2C%20allplan%2C%20archicad&geo=ES&date=1%2F2011%2027m&cmpt=g>

[20] Lachmi Khemlani 2007 *Top Criteria for BIM Solutions: AECbytes Survey Results N.d.*

<http://www.aecbytes.com/feature/2007/BIMSurveyReport.html>. Fecha de acceso 29 de marzo de 2013.

[21] Encuestas anuales al alumnado de Ciclos Formativos de Grado Superior. CPIFP Pirámide de Huesca. (2013)

1^{er} Congreso Nacional BIM - EUBIM 2013

Encuentro de Usuarios BIM

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación

Universitat Politècnica de València

Valencia, 24 y 25 de mayo 2013



**1^º CONGRESO
NACIONAL BIM
EUBIM 2013**

INTEROPERABILIDAD



ALGUNAS EXPERIENCIAS, TRES CLAVES Y UNA PROPUESTA PARA INTEGRAR EL MODELO BIM Y EL PRESUPUESTO

Autores: G. Valderrama, Fernando (1), Sánchez Acosta, Enrique (2)

(1) Soft SA fernando.valderrama@presto.es

(2) Universidad Europea de Madrid, Departamento de Informática, Automática y Comunicaciones;
esacosta@gmail.com

RESUMEN

La generación del presupuesto a partir del modelo BIM es una de las grandes ventajas difundidas por los promotores de esta herramienta digital para la redacción del proyecto.

Los autores han colaborado en el desarrollo de numerosos enlaces entre programas de dibujo y modelado de arquitectura, desde mucho antes de que existiera el propio término "BIM", comprobando en qué condiciones esta generación es posible y por tanto qué aspectos son clave para su éxito o su fracaso.

Los aspectos clave están relacionados con el proceso de trabajo de los profesionales, no con las características técnicas de los programas, y son:

1. Pueden existir profesionales distintos en la etapa de modelado y de gestión del coste, con distintos grados de colaboración.
2. El proyecto y el desarrollo se desarrollan en paralelo, no en serie, y el modelo BIM no necesariamente contiene la totalidad del presupuesto.
3. Los usuarios sólo introducen la información que les resulta beneficiosa a corto plazo.

Las nuevas tecnologías, aun proponiendo una forma de trabajo mucho más eficiente, deben encajar en el ecosistema existente, o tendrán que esperar a que el ecosistema se adapte, un proceso mucho más lento.

Palabras clave: Mediciones, presupuesto, BIM, integración

1 INTRODUCCIÓN

Existen programas de modelado de arquitectura enriquecidos con información constructiva y documental desde mucho antes de que se definiera y popularizara el término BIM.

En una fecha tan temprana como 1989 uno de los autores dirigió el desarrollo del enlace entre Presto y el programa de modelado en tres dimensiones CadStar, que contenía todas las características necesarias para ser considerado como un sistema BIM, incluyendo la gestión de información alfanumérica integrada con la definición gráfica y constructiva.

Incluso trabajando con los programas tradicionales de dibujo en dos dimensiones se puede extraer información útil para generar el presupuesto, si se organiza adecuadamente el proceso de trabajo y se siguen algunos criterios básicos. Uno de los autores ha dirigido también el desarrollo de sistemas de importación desde AutoCAD, con dos enfoques,

AutoPresto, realizado en 1990 y basado en la programación desde dentro del entorno del programa de dibujo y otro posterior, basado en la lectura directa de archivos DWG y por tanto aplicable a cualquier otro programa que genere el mismo formato. También dirigió un desarrollo similar para el programa Arris, de amplia difusión a finales del siglo pasado, así como enlaces en grado de tentativa para otros programas diversos que no llegaron a tener implantación, como Triforma, de Bentley, o IntelliCAD.

El primer enlace con un sistema integrado de amplia difusión fue el desarrollado para Allplan, de Nemetschek, a partir de 1999, y más tarde el de ArchiCAD, de Graphisoft, completados recientemente con el enlace para Revit, de Autodesk.

Esta experiencia ha permitido reunir un valioso conjunto de conocimientos sobre las posibilidades de estos enlaces y qué se requiere para que sean operativos.

2 EXPERIENCIAS PROPIAS

El desarrollo de los enlaces mencionados anteriormente permitió observar dos aspectos.

Por un lado, el desarrollo de los enlaces requería un alto nivel de tecnología informática. La conexión directa entre programas era difícil, como lo sigue siendo ahora, pero no existían tampoco las facilidades de exportación e importación, conexión en red y otros estándares que ahora son habituales.

Al mismo tiempo, una vez superadas estas dificultades y proporcionando una ayuda informática muy automatizada que permitía extraer la información del modelo, convertirla en mediciones e insertarla en el programa de presupuestos, según las necesidades aparentes de los propios usuarios, muchos de estos sistemas eran poco utilizados en la práctica.

Históricamente, el enlace con más éxito entre los usuarios fue precisamente el que presentaba un menor atractivo a priori: la generación de mediciones a partir de archivos DWG. ¿Cuál podía ser la explicación de este resultado inesperado?

La extracción automática tradicional de las mediciones a partir de un modelo BIM se basa en la idea de un proyectista integrado, que realiza el modelo y en el momento deseado realiza las acciones necesarias para extraer el presupuesto, si es posible “con una sola tecla”.

La lectura de archivos DWG, por el contrario, se realiza por un profesional distinto de quien realizó el modelo BIM. Trabajando directamente desde el programa de presupuestos organiza la información gráfica a su manera, filtra, ordena o elimina las entidades y las capas, en un proceso dirigido manualmente que reconstruye las intenciones del diseño, corrige errores y completa lagunas. Durante este proceso asigna las unidades de obra a las entidades gráficas, ya que esa información no figura en el archivo de origen, y las traspasa al presupuesto, donde continua realizando ajustes y cambios.

Este proceso con un gran contenido manual, más parecido al tradicional, resulta así más satisfactorio en muchos casos que los sistemas automáticos.

3 OTRAS EXPERIENCIAS

El evidente interés de la extracción del coste a partir de modelos BIM ha dado lugar en los últimos años tanto a productos comerciales como a publicaciones sobre el tema. Estos desarrollos tienden a concentrarse en dos actitudes.

3.1 La sobrecarga del modelo BIM

Esta tendencia trata de insertar la información sobre el coste dentro del modelo BIM, incluyendo especificaciones escritas detalladas y descomposiciones de precios. Esta idea es habitual en los entornos en los que no se han popularizado los programas de gestión del coste o cuando se trata de competir con ellos, tratando de que el sistema BIM sea autosuficiente para generar el presupuesto.

El modelo BIM se convierte así en una base de datos alfanumérica para cuya gestión no está preparado (Farah, 2005, pp. 86 ss.):

- Los datos introducidos no se reutilizan con facilidad entre los sucesivos proyectos
- No se dispone de procedimientos adecuados para su actualización y mantenimiento respecto de la realidad
- No existe una relación integrada con los elementos gráficos a los que corresponden.

Este sistema además requiere un desarrollo informático importante y un esfuerzo inicial de carga de datos por parte del usuario que se superpone al trabajo habitual.

3.2 El uso inadecuado del formato IFC

En este caso, se concede una confianza excesiva a la capacidad del sistema de intercambio *Industry Foundations Classes*, IFC, definido por *buildingSMART*.

Este formato, que trata de recoger la enorme complejidad inherente a un modelo BIM, es un recurso imprescindible para transferir grandes cantidades de información geométrica, y así se utiliza habitualmente. El significado de esta información es relativamente fácil de codificar por el emisor y decodificar por el receptor, ya que apenas es necesario un acuerdo, proporcionado por el propio sistema IFC, sobre la unidad de medida y la notación.

Sin embargo, la transferencia de elementos de información más complejos, aunque esté bien definida a nivel sintáctico, como el nombre del campo y su longitud, requiere un acuerdo semántico entre emisor y receptor que muchas veces no existe. De esta forma, el significado de un código en el sistema de origen puede ser por completo, diferente en el de destino, si es que lo tiene (Zhiliang Ma, 2010). En ausencia de este acuerdo, la transferencia de información es inútil, como la correspondencia entre personas que, habiendo elegido cuidadosamente un formato de texto compatible para comunicarse, hubieran olvidado que hablan idiomas distintos.

Tras estos años, ninguno de los dos enfoques ha dado lugar a resultados prácticos.

4 PROCESOS Y CLAVES

La conclusión de estas experiencias, observadas una y otra vez, es que para que un enlace entre dos programas funcione no es suficiente con crear condiciones de interoperabilidad técnicamente adecuadas entre las dos bases de datos respectivas, sino que debe tener en cuenta cómo se desarrolla la relación entre los profesionales implicados.

Es necesario, por tanto, en primer lugar, el análisis de los procesos de trabajo reales de las personas. Sólo cuando se ha identificado un procesos de este tipo se puede escribir un procedimiento específico que tenga utilidad en la práctica.

Las investigaciones realizadas detectan una multiplicidad de comportamientos entre los usuarios BIM. El Cooperative Research Centre de Australia (CRC, 2009) propone tres paradigmas, "Modelado digital", "Colaboración digital unidireccional" y "Colaboración digital bidireccional" o, de forma simplificada, "Modelado", "Colaboración" e "Integración". El CRC asume que estos tres estados representan grados progresivos de mejora y que nos encontramos aproximadamente a mitad de camino de la segunda fase.

Desde el punto de vista específico de la integración del modelo y el coste es posible que esta evolución coexista durante un tiempo con dos procesos extremos, bien diferenciados:

- La integración: Un sólo profesional controla la totalidad del proceso de modelado y la generación del presupuesto. Si participan varios profesionales, colaboran como si compartieran los mismos intereses y puntos de vista.
- La independencia: El profesional que realiza el modelo sólo realiza acciones que redunden en su propio beneficio y a corto plazo, traspasando al otro profesional la información mínima posible para que obtenga el presupuesto. Y viceversa.

Los procesos reales se sitúan en puntos intermedios. Estas descripciones no contienen ningún juicio de valor sobre los dos procesos y no implican que el segundo comportamiento sea necesariamente ineficiente. El hecho relevante es que los dos casos dan lugar a necesidades de interoperabilidad muy diferentes.

El primero ha dado lugar a la mayoría de los desarrollos tradicionales, ya que representa el comportamiento teórico esperado. Los criterios de diseño para este proceso son bien conocidos. Se basan en un trabajo previo en el modelo, diferente al estrictamente necesario para generar la documentación gráfica, que permite obtener el presupuesto con facilidad cuando es necesario. En ese momento se extraen los datos del modelo BIM y se insertan en el presupuesto, en un proceso clásico de exportación-importación. En el caso extremo, este proceso se realiza una sola vez, cuando el modelo está terminado.

Los requisitos necesarios para que la generación del presupuesto sea útil en un proceso orientado a la independencia no son contrarios a los anteriores, sino que añaden nuevas necesidades. Estos criterios se describen en el resto de esta comunicación.

4.1 Puede haber profesionales distintos en los procesos de diseño y presupuesto.

El diseñador tiene sus propias necesidades, criterios y conocimientos, que son diferentes a las del responsable del coste. Por tanto, el tipo de información, la precisión y el nivel de detalle introducida en el modelo por el primero no tiene por qué coincidir con lo requerido por el segundo. También pueden aparecer inexactitudes o errores que no afectan al proceso de ejecución pero sí al presupuesto, como apariciones repetidas de objetos superpuestos en la misma situación o discrepancias entre las dimensiones físicas y los textos.

En consecuencia, el responsable del coste no puede utilizar directamente el contenido del modelo. Tienen que existir puntos de verificación y modificación de los datos en los momentos intermedios del trabajo, de forma congruente con los que existen habitualmente entre los profesionales que realizan tradicionalmente la misma tarea.

4.2 El proyecto y el presupuesto se desarrollan en paralelo, no en serie.

El presupuesto no se genera en el último momento del proyecto, sino que existe independientemente y evoluciona simultáneamente con el mismo

Es frecuente oír, tanto en ámbitos comerciales como académicos, que el modelo BIM contiene o debe contener la totalidad del presupuesto. Sin embargo, otros autores creen que no todos los componentes de un presupuesto provienen del modelo BIM. El ya citado CRC 2009 contiene numerosas indicaciones sobre qué elementos no deben modelarse, bien porque para cuantificarlos y especificarlos no merece la pena dibujarlos, porque provienen de otros programas de cálculo o simplemente porque no tienen existencia física. Incluso en la documentación de un programa comercial (Brandstater, 2010) se reconoce directamente “*There are many items in an estimate that are never represented in the BIM model*”.

Esto no se debe a deficiencias superables de los medios digitales actuales, sino a la eficacia histórica de la escritura y de la representación gráfica en dos dimensiones para definir la ejecución de una obra sin necesidad de graficar todos y cada uno de sus componentes, gracias al conocimiento implícito que añaden los sucesivos agentes implicados (Sainz y Valderrama, 1992).

Por otra parte, el proyecto cambia. No siempre se va completando siguiendo una ordenada secuencia; se toman unas decisiones y se deshacen otras. Y la comunicación de los cambios entre los agentes, a diferencia de la interacción entre máquinas, es deficiente.

En consecuencia, el proceso de enlace no puede ser una sola exportación *definitiva*, sino que debe permitir que se reciban los datos del mismo proyecto una y otra vez, sin que estén documentados los añadidos, las eliminaciones y los cambios, pero que puedan integrarse con facilidad en el presupuesto existente.

Y, al mismo tiempo, que este presupuesto pueda completarse manualmente sin que los datos de los distintos orígenes se interfieran.

4.3 Los usuarios sólo realizan tareas que les aporten valor a corto plazo

Los procesos que requieren un importante trabajo previo de preparación, sin obtener resultados inmediatos, sólo son apreciados por los usuarios más entusiastas. Estos

usuarios, buscando la máxima eficiencia, suelen incorporar procedimientos muy personales, de cuyos resultados se benefician directamente. Suelen considerar además que los demás profesionales no pueden alcanzar esa eficiencia usando programas comerciales.

Sin embargo, ni el grueso de los profesionales ni los programas comerciales pueden adoptar estos procedimientos *sui generis*.

En consecuencia, durante el proceso de trabajo sólo se deben requerir del usuario los datos que vayan a generar resultados de forma inmediata, utilizables para sí mismos. Los programas de presupuestos y otros que enlazan con el modelo BIM deben proporcionar estos resultados al mejor nivel de detalle posible, aunque no se haya introducido previamente la información específica requerida. La precisión de los resultados debe aumentar progresivamente a medida que esta información va aumentando.

De esta forma, la implantación del sistema BIM resulta atractiva para todos los implicados, aunque el proceso sea diferente del modelo ideal de colaboración integrada.

5 OTRAS OBSERVACIONES

Las experiencias reales con usuarios han sugerido otras ideas, algunas de las cuales son contrarias a lo esperado.

Algunos usuarios de modelos BIM prefieren enviar al exterior versiones simplificadas, bien para evitar la transferencia de *know-how*, para soslayar responsabilidades por posibles errores o porque consideran que el modelo no forma parte del encargo. Este comportamiento es bien conocido en los sistemas de dibujo en dos dimensiones, ya que los responsables del coste reciben frecuentemente planos degradados donde, por ejemplo, los bloques han sido “explotados”. De esta manera, se reciben datos, pero sin la información que debería facilitar su intercambio, como la equivalencia entre tipos de entidades gráficas y unidades de obra. En consecuencia, el programa de presupuestos y otros similares que tienen que integrar información deben estar preparados para insertar, reconstruir y mantener por sí mismos estos datos que teóricamente deberían proceder del modelo.

Al mismo tiempo, los objetivos de los usuarios deben estar alineados de forma natural con las posibilidades y los recursos de los programas implicados.

En este sentido es interesante el debate sobre la forma de las mediciones generadas. Todos los sistemas BIM generan una enumeración cuantificada de las entidades gráficas y, en todos los sistemas conocidos, esta cuantificación es suficiente, sin duda, para asignar un precio unitario a cada entidad y obtener así el presupuesto o coste estimado de la parte del proyecto contenida en el modelo.

Sin embargo, se exige a los sistemas BIM que la precisión, la presentación y el desglose de estas mediciones imiten el formato tradicional de estos documentos en España, que proviene del siglo XIX. Por ejemplo, si el sistema BIM genera una expresión aritmética exacta, coherente con la forma geométrica de elementos que no siempre son paralelepípedos, debe ser reemplazada por cuatro valores que encajen en las columnas “Nº”, “Longitud”, “Altura” y “Altura”. O se consideran inaceptables los sistemas que miden por

el eje la longitud de los muros compuestos, olvidando que en fase de presupuesto estas diferencias son irrelevantes frente al grado de incertidumbre de los precios.

Los programas de presupuestos, complementando los resultados de los sistemas BIM, tratan de resolver estos problemas de forma práctica. Sin embargo, algunos usuarios potenciales tienen expectativas de los sistemas BIM que van más allá tanto de los criterios de diseño de cada programa como de sus propias capacidades profesionales.

Por una parte, el resultado del sistema BIM en este aspecto se limita a las mediciones, que representa sólo una parte del trabajo de elaboración de un presupuesto; la más pesada, sin duda, pero también la que menor valor aporta y la que menos conocimientos requiere. Para completar el presupuesto son necesarias las mismas competencias, con o sin BIM.

Por otro lado, cada sistema BIM tiene su campo de aplicación. Los intentos de reorientar sus funcionalidades mediante procedimientos poco naturales y utilidades artificiosas de sus recursos dan lugar a procesos poco sostenibles en el tiempo. Los sistemas BIM están muy orientados a la representación gráfica y no están igualmente preparados para la gestión de otros aspectos del proyecto, como los costes o los tiempos. Por eso siguen siendo necesarios los programas especializados en estos aspectos.

6 LA PROPUESTA

Los autores han colaborado en el desarrollo de nuevos sistemas de enlace que teniendo en cuenta los criterios anteriores se pueden adaptar a una gran variedad de procesos de uso. Estos sistemas se aplican directamente a los programas Revit y Allplan pero su base es compatible con cualquier otro sistema BIM capaz de cuantificar el modelo.

Se describe a continuación un ejemplo de los procesos soportados.

- La selección de unidades de obra se puede realizar directamente desde el sistema BIM a partir de catálogos previamente generados por el programa de presupuestos, que pueden contener un cuadro de precios completo o una selección de partidas específicas de un proyecto concreto.

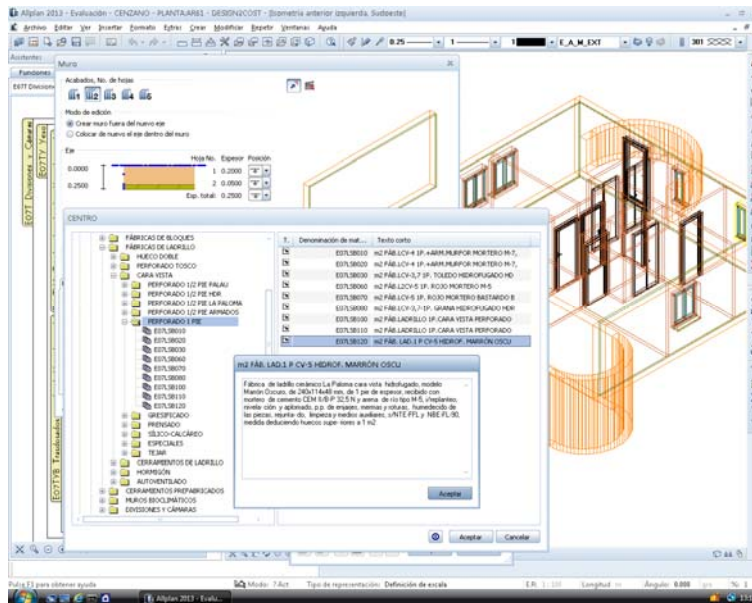


Fig. 1 Asignación de la unidad de obra a un tipo de entidad. 2013. Allplan

- Los datos que genera el responsable del modelo se pueden verificar íntegramente antes de enviarse al responsable del coste, mediante herramientas integradas en el sistema BIM o con otros recursos. Si el catálogo anterior incluye costes unitarios, en esta fase ya se puede conocer el importe de la parte modelada del proyecto .

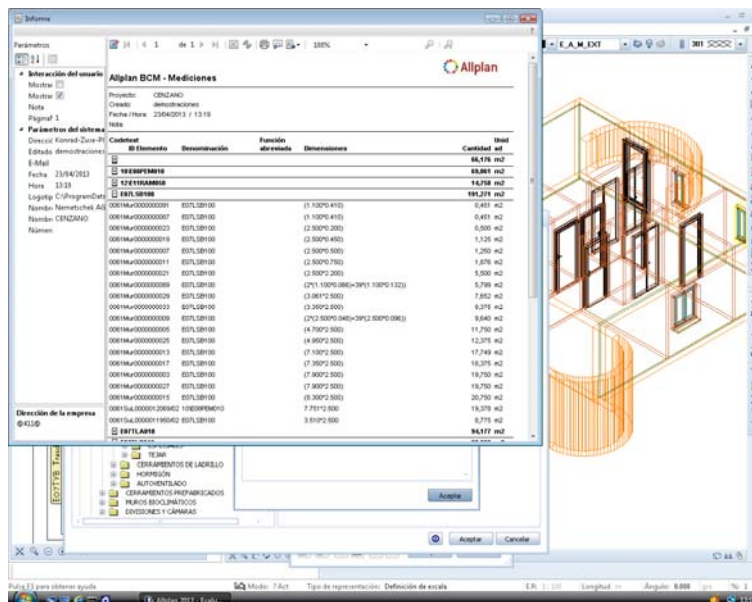


Fig. 2 Comprobación de la exportación previa a la entrega. 2013. Allplan

- El responsable del coste puede verificar y modificar los datos recibidos antes de su inserción en el presupuesto, sin necesidad de disponer del programa que gestiona el modelo BIM ni conocer su uso.



Capítulo	Resumen	CanPres Ud	Pres	ImpPres	Nota
1/0	Rac_advanced_sample_project	7	2.048.908,87	2.048.908,87	
2/1	+ 1 2001190 Aparcamiento	1	0	0	
3/1	+ 2 2001360 Vegetación	1	1.658,34	1.658,34	
4/1	- 3 2000032 Suelos		145.834,63	145.834,63	
5/2	+ 3.1 E05H90070 Forjado reticular 30-5	3.106,36 m2		126.211,41	
6/2	+ 3.2 2000032_200310 Suelo - standard timber-wood finish		209,40	0	
7/2	+ 3.3 E1010 Suelo - metal sunscreen				
8/2	+ 3.4 E05HLA115 Ha-25p/20 encofrado metálico losas en 15cm	1.798,90 m2	11,35	19.623,22	
9/1	- 4 2000011 Muros		1.414.571,82	1.414.571,82	
10/2	+ 4.1 E07BH030 Fab.Bloq.Horm.Liso gris 40x20x20 c/v	791,74 m2	42,36	33.114,51	
11/2	+ 4.2 E16KEAD10 Muro cortina modular	2.446,84 m2	475,82	1.041.913,41	
12/2	+ 4.3 E16KCR010 Muro cortina estructural	122,17 m2	488,94	59.733,00	
13/2	+ 4.4 E07TY0010 Tabique estructura doble (13x2+46x2+13x2) es 144mm/600	2.886,07 m2	44,71	129.036,19	
14/2	+ 4.5 E05PM130 Muro prefabricado alveolar es 20cm/hx 3,00m	377,19 m2	92,70	34.995,09	
15/2	+ 4.6 E16KCR010 Muro cortina ventado	176,19 m2	527,81	92.977,25	
16/2	+ 4.7 E08MA045 Hormigón armado ha-30p/20/2 caras 0,25 v-Grúa	62,84 m3	282,89	17.849,67	
17/2	+ 4.8 E07BH030 Fab.Bloq.Horm.Estruido blanco 40x20x20	170,19 m2	17,89	3.052,30	
18/1	+ 5 2000170 Paneles de muro cortina	1	282.144,66	282.144,66	
19/1	+ 6 2000035 Cubiertas	1	114.208,38	114.208,38	

Fig. 3 Comprobación de los datos recibidos previa a la importación. 2013. Presto

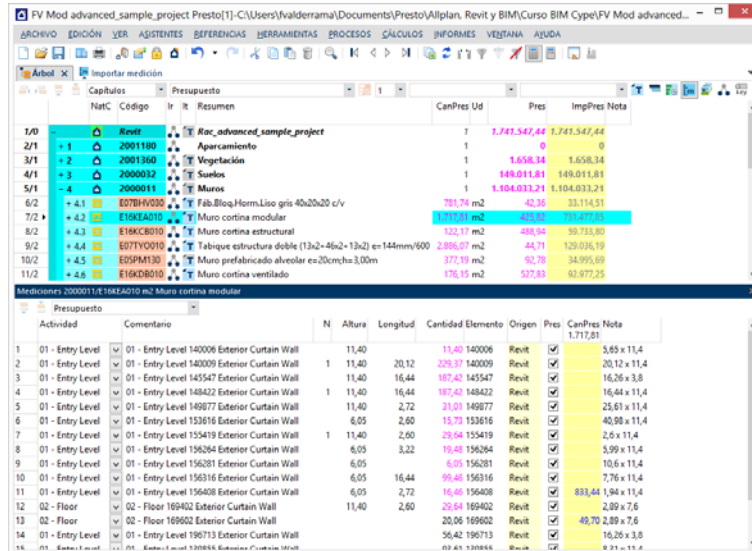
- Cuando cambia el modelo, la nueva información recibida se compara con la existente para detectar los elementos añadidos, los eliminados y los modificados, presentando sólo la información relevante para la toma de decisiones. De esta forma se pueden integrar sucesivamente nuevas versiones de los datos sin perder el trabajo realizado, aunque no vengan documentados explícitamente.

Partida	Resumen	ResumenAct	Capa	Elemen	Nota	N	Longitud	Altura	Cantidad Ud	DefPres	Pres	RCL	VarPres
1	2000011/EO1 Fab.Bloq.Horm.Liso gris 40x 01 - Entry Level	Muro básico	139854	8,4 x 0,3 x 11,4		5	[91,11]	[35,40]	95,55 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Nueva	4.047,57	
2	2000011/E16KE Muro cortina modular 01 - Entry Level	Muro cortina	139855	8,21 x 11,4				93,61 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Nueva	39.861,48		
3	2000011/E16KE Muro cortina modular 01 - Entry Level	Muro cortina	139856	8,26 x 11,4				92,41 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Nueva	39.348,13		
4	2000011/EO7BH Fab.Bloq.Horm.Liso gris 40x 01 - Entry Level	Muro básico	139857	20,71 x 0,3 x 11,4				190,97 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Nueva	8.086,68		
5	2000011/E16KE Muro cortina modular 01 - Entry Level	Muro cortina	139858	2,72 x 11,4		1	2,72	11,40	11,01 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Nueva	13.209,66	
6	2000011/E16KE Muro cortina modular 01 - Entry Level	Muro cortina	140003	40,23 x 11,4		1	49,23	11,40	581,19 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Nueva	238.955,65	
7	2000011/EO7BH Fab.Bloq.Horm.Liso gris 40x 01 - Entry Level	Muro básico	144037	8,33 x 0,3 x 3,8				27,66 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Nueva	1.175,60		
8	2000011/EO7BH Fab.Bloq.Horm.Liso gris 40x 01 - Entry Level	Muro básico	148769	20 x 0,3 x 11,4				173,88 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Nueva	7.365,44		
9	2000011/EO7BH Fab.Bloq.Horm.Liso gris 40x 01 - Entry Level	Muro básico	150980	14,13 x 0,3 x 11,4		1	14,13	11,40	161,11 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Nueva	6.624,69	
10	2000011/EO7BH Fab.Bloq.Horm.Estruido blar Roof	Muro básico	167548	11,03 x 0,29 x 0,6		1	14,00	0,60	8,40 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Eliminada	-486,28	
11	2000011/EO7BH Fab.Bloq.Horm.Estruido blar Roof	Muro básico	167548	11,03 x 0,29 x 0,6		1	11,03	0,60	6,62 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Nueva	383,06	
12	2000032/B1010 Suelo - metal sunscreen 03 - Floor	Suelo	200929					36,20 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Nueva	835,78		
13	2000032/B1010 Suelo - metal sunscreen 03 - Floor	Suelo	201054					5,80 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Nueva	133,04		
14	2000032/B1010 Suelo - metal sunscreen 03 - Floor	Suelo	201078					21,00 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Nueva	464,61		
15	2000032/B1010 Suelo - metal sunscreen 03 - Floor	Suelo	201128					19,10 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Eliminada	-441,11		
16	2000032/B1010 Suelo - metal sunscreen 01 - Entry Level	Suelo	201146					42,90 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Eliminada	-990,66		
17	2000032/B1010 Suelo - metal sunscreen 01 - Entry Level	Suelo	201155					9,13 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Eliminada	-210,87		
18	2000032/B1010 Suelo - metal sunscreen 01 - Entry Level	Suelo	201164					45,79 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Eliminada	-1.057,26		
19	2000032/B1010 Suelo - metal sunscreen 01 - Entry Level	Suelo	201173					19,20 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Eliminada	-443,29		
20	2000032/B1010 Suelo - metal sunscreen 01 - Entry Level	Suelo	201173					5,80 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Nueva	133,04		
21	2000032/B1010 Suelo - metal sunscreen 02 - Floor	Suelo	201191					51,34 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Eliminada	-1.185,43		
22	2000032/B1010 Suelo - metal sunscreen 02 - Floor	Suelo	201191					36,20 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Nueva	835,78		
23	2000032/B1010 Suelo - metal sunscreen 02 - Floor	Suelo	201200					21,00 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Eliminada	-464,61		
24	2000032/B1010 Suelo - metal sunscreen 02 - Floor	Suelo	201200					5,80 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Nueva	133,04		
25	2000032/B1010 Suelo - metal sunscreen 02 - Floor	Suelo	201209					33,67 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Eliminada	-777,43		
26	2000032/B1010 Suelo - metal sunscreen 02 - Floor	Suelo	201209					21,00 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Nueva	464,61		
27	2000032/B1010 Suelo - metal sunscreen 02 - Floor	Suelo	201218					30,06 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Eliminada	-694,01		
28	2000032/B1010 Suelo - metal sunscreen 02 - Floor	Suelo	201218					5,80 m2	<input checked="" type="checkbox"/>	Nueva	133,04		

Fig. 4 Detección de cambios entre versiones sucesivas del mismo modelo BIM. 2013. Presto.

- Al recibir versiones sucesivas, los datos de los elementos gráficos pueden insertarse automáticamente en sus unidades de obra aunque este dato no provenga del modelo BIM, ya que el programa de presupuestos conserva las equivalencias de importaciones anteriores. También pueden prepararse plantillas de asignaciones predefinidas para recibir datos de modelos BIM en los que no se ha realizado el

trabajo previo de asignación. Se resuelven así procesos de uso en los que existe una elevada independencia entre el responsable del modelo y el del coste.



NatC	Código	Resumen	CanPres Ud	Pres	ImpPres	Nota
1/0		Revit	7	1.741.347,44	1.741.347,44	
2/1	2001190	Aparcamiento	1	0	0	
3/1	2001360	Vegetación	1	1.658,34	1.658,34	
4/1	2000012	Suelos	1	148.011,81	148.011,81	
5/1	2000011	Muros	1	1.104.033,21	1.104.033,21	
6/2	E07BH020	Fab. Bloq. Horm. Liso gris 40x20x20 c/v	791,76 m2	42,36	33.114,51	
7/2	E16KA010	Muro cortina modular	1.212,11 m2	49,70	60.147,92	
8/2	E16KC8010	Muro cortina estructural	122,11 m2	498,94	60.713,80	
9/2	E07TY0010	Tabique estructura doble (13x2+4x2+13x2) e=144mm/600	2.896,07 m2	44,71	129.036,19	
10/2	E05PM130	Muro prefabricado alveolar e=20cm/cha.3,00m	377,19 m2	92,70	34.995,69	
11/2	E16KD8010	Muro cortina ventilado	176,19 m2	527,83	92.977,25	

Actividad	Comentario	N	Altura	Longitud	Cantidad Elemento	Origen	Pres	CanPres	Nota
1	01 - Entry Level	01 - Entry Level 142006 Exterior Curtain Wall	11,40		11,40 142006	Revit	✓	1.717,81	3,85 x 11,4
2	01 - Entry Level	01 - Entry Level 142009 Exterior Curtain Wall	11,40	20,12	229,37 142009	Revit	✓		20,12 x 11,4
3	01 - Entry Level	01 - Entry Level 145547 Exterior Curtain Wall	11,40	16,44	187,42 145547	Revit	✓		16,44 x 3,8
4	01 - Entry Level	01 - Entry Level 148422 Exterior Curtain Wall	11,40	16,44	187,42 148422	Revit	✓		16,44 x 11,4
5	01 - Entry Level	01 - Entry Level 149877 Exterior Curtain Wall	11,40	2,72	31,01 149877	Revit	✓		25,61 x 11,4
6	01 - Entry Level	01 - Entry Level 153616 Exterior Curtain Wall	6,05	2,60	15,73 153616	Revit	✓		40,98 x 11,4
7	01 - Entry Level	01 - Entry Level 155419 Exterior Curtain Wall	11,40	2,60	29,64 155419	Revit	✓		2,6 x 11,4
8	01 - Entry Level	01 - Entry Level 156294 Exterior Curtain Wall	6,05	3,22	19,48 156294	Revit	✓		5,99 x 11,4
9	01 - Entry Level	01 - Entry Level 156291 Exterior Curtain Wall	6,05		6,05 156291	Revit	✓		10,6 x 11,4
10	01 - Entry Level	01 - Entry Level 156216 Exterior Curtain Wall	6,05	16,44	99,46 156216	Revit	✓		7,76 x 11,4
11	01 - Entry Level	01 - Entry Level 156408 Exterior Curtain Wall	6,05	2,72	16,46 156408	Revit	✓		833,44 1,94 x 11,4
12	02 - Floor	02 - Floor 169402 Exterior Curtain Wall	11,40	2,60	29,64 169402	Revit	✓		2,89 x 7,6
13	02 - Floor	02 - Floor 169602 Exterior Curtain Wall			20,06 169602	Revit	✓		49,70 2,89 x 7,6
14	01 - Entry Level	01 - Entry Level 190713 Exterior Curtain Wall			56,42 190713	Revit	✓		16,26 x 3,8

Fig. 5 Datos verificados, editados e insertados en el presupuesto general, 2013. Presto.

- El programa de presupuestos mantiene internamente toda la información del modelo BIM que sea relevante para la asignación del coste, para la especificación o para la identificación de cada elemento. De esta forma se consigue la trazabilidad entre modelo, presupuesto y obra ejecutada, ya que cada entidad queda identificada unívocamente en todos estos ámbitos. El sistema BIM puede mostrar visualmente las entidades gráficas que corresponden a cada elemento del presupuesto.

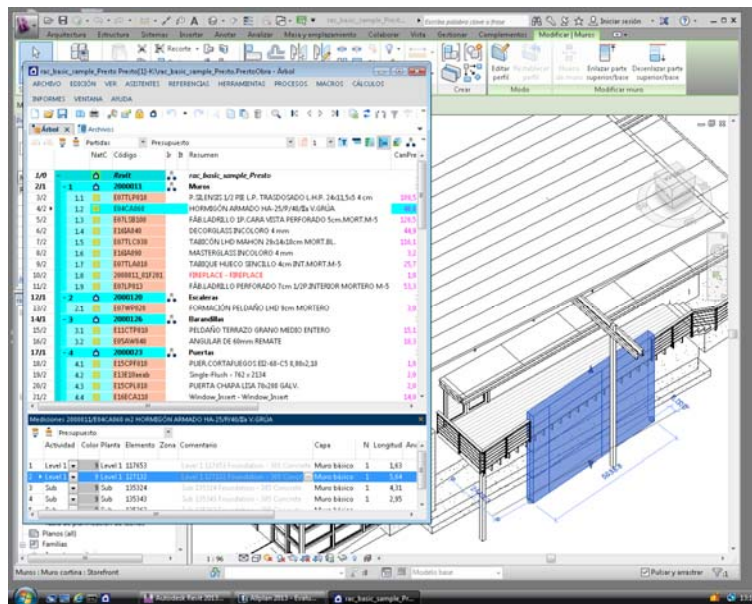


Fig. 6 Identificación gráfica del elemento del presupuesto. 2013. Presto y Revit.

- El programa de presupuestos mantiene localizados los datos que provienen del modelo BIM y los introducidos manualmente por el responsable del coste, que se pueden modificar por separado sin interferencias entre ambos, permitiendo la introducción de los componentes del presupuesto que no provienen del modelo.

Puesto que el programa de presupuestos puede generar nuevamente un catálogo basado en el presupuesto del proyecto en cualquier momento y enviarlo al responsable del modelo, éste puede realizar las nuevas asignaciones con mayor precisión y eficacia. Si ese catálogo incluye el coste se obtiene un proceso en el que los profesionales trabajan independientemente pero deciden hacerlo de forma colaborativa.

Esta posibilidad, junto con la trazabilidad recíproca, representan la vuelta de información desde el presupuesto hacia el modelo, cerrando el círculo por cual este proceso deja de ser simplemente una importación unidireccional o un enlace y puede llamarse propiamente una integración o un proceso de interoperabilidad.

7 CONCLUSIONES

El proceso de proyecto y la forma de trabajar de los agentes implicados no cambian a corto plazo sólo porque una nueva tecnología lo permita.

La tecnología, aun proponiendo una nueva forma de trabajo mucho más eficiente en sí misma, debe encajar en el ecosistema existente, o tendrá que esperar a que el ecosistema se adapte, un proceso mucho más lento.

Afortunadamente, el momento es el adecuado. La pasada burbuja inmobiliaria y constructiva ha dado paso a una actitud más abierta al aprendizaje, más receptiva a los cambios, con unos profesionales y unas empresas más sensibles a los tres aspectos que definen la gestión de un proyecto:

- La calidad, representada por los sistemas BIM, como forma de garantizar el cumplimiento de las especificaciones y la satisfacción del cliente.
- Los tiempos, respecto a los que se ha despertado un interés que con seguridad dará lugar por fin a la aplicación sistemática de programas de planificación, generalmente despreciados en España.
- Los costes, para cuya gestión tenemos programas únicos en el mundo, con una excelente integración con las dos categorías anteriores.

En realidad, es sorprendente que el sistema tradicional de definir el proyecto mediante dibujos en dos dimensiones haya durado tanto tiempo. Cualquier predicción realizada en los inicios de la informática profesional hubiera resultado muy errada (Valderrama, 1987). Hoy los sistemas BIM no tienen nada de experimental y lo asombroso es que haya profesionales que no los utilicen.

Al mismo tiempo, los objetivos iniciales del BIM deben estar alineados con sus posibilidades, más orientadas a lo gráfico y a servir como referencia, no como depósito excluyente, de la

información necesaria para generar el presupuesto, la planificación y otros documentos del proyecto.

Quienes estamos especializados tanto en el desarrollo de herramientas digitales como en la formación debemos insistir en que los profesionales aprovechen las ventajas tácticas, inmediatas, de los nuevos medios. Las ventajas estratégicas ya se impondrán con el tiempo, si son coherentes con la evolución del sector de la construcción, sea cual sea.

8 REFERENCIAS

- [1] Brandstater, M. (2010). *BIMHighway Estimator for Autodesk Revit*.
- [2] BuildingSMART alliance (2009). *AECOO-1 Testbed Draft Information Delivery Manual (IDM) for Quantity Take-Off (QTO) Thread. Integrating Communication, Process and Decision Making (CPD)*. Open Geospatial Consortium Inc.
- [3] CRC (2009). *National Guidelines for Digital Modelling*. Australia: Cooperative Research Centre, CRC, for Construction Innovation
- [4] Farah T. (2005). *Review of current estimating capabilities of the 3D Building Information Model software to support design for production/construction*. Tesis doctoral presentada en el Worcester Polytechnic Institute.
- [5] Sainz J. y Valderrama F. (1992). *Infografía y arquitectura: Dibujo y Proyecto Asistidos con Ordenador*. Madrid: Editorial Nerea.
- [6] Valderrama F. (1987). *Objetivos de la representación integrada de la arquitectura en el ordenador*. Barcelona: I Simposio de Diseño Asistido por Ordenador ArcDAO.
- [7] Zhiliang Ma, Xiude Zhang, Song Wu et alt. (2010). *Framework Design for BIM-Based Construction Cost Estimating Software*. *El Cairo: Proceedings, CIB W78 2010: 27th International Conference*.



FLUJO DE TRABAJO ENTRE EL MODELO BIM ARQUITECTÓNICO Y ESTRUCTURAL

Autores: Martín-Dorta, Norena (1), Roldán Méndez, María (2), González de Chaves Assef, Paula (3), Saorín Pérez, Jose Luis (4)

- (1) Departamento de Expresión Gráfica en Arquitectura e Ingeniería. Universidad de La Laguna. nmartin@ull.edu.es
- (2) Doctorado en Ciencias e Ingeniería. Universidad de La Laguna. mroldanmz@gmail.com
- (3) Máster en Técnicas de Investigación en Ciencias e Ingeniería. Universidad de La Laguna. paulagcha@gmail.com
- (4) Departamento de Expresión Gráfica en Arquitectura e Ingeniería. Universidad de La Laguna. jlsaorin@ull.es

RESUMEN

Los ingenieros estructurales suelen comenzar el proceso de diseño mediante la interpretación de planos arquitectónicos, creando a partir de ellos varios modelos analíticos. Estos modelos deben estar coordinados con el modelo arquitectónico realizado por el arquitecto. El vínculo, por lo tanto, entre un modelo BIM y el modelo BIM estructural (S-BIM) debe mantenerse actualizado, agilizando de esta forma el flujo de trabajo y la coordinación entre los equipos de arquitectos e ingenieros. En este documento se propone un flujo de trabajo entre el modelo BIM y S-BIM, que nos permitirá reducir el tiempo necesario para crear y actualizar varios modelos de análisis y nos ayudará a evitar errores potenciales resultantes de una coordinación manual entre los resultados de los análisis y la documentación generada para llevar a cabo la construcción.

Palabras clave: *Building Information Modeling, BIM, Estructura, Ciclo de vida de la construcción.*

1 INTRODUCCIÓN

Durante muchos años, los planos han sido utilizados como el método principal de comunicación entre los agentes que intervienen en un proyecto: los técnicos, los propietarios/promotores, los constructores, los evaluadores y los usuarios. Pero con el aumento de los requerimientos, el número de dibujos que se deben producir para documentar completamente un proyecto también ha aumentado dramáticamente.

A finales de 1980, la adopción generalizada de las microcomputadoras proporcionan una solución, y el diseño asistido por ordenador (DAO) transformó la industria de la construcción. La adopción de herramientas CAD (Computer Aided Design), proporciona un gran salto para la industria de la construcción, aumentando significativamente la eficiencia.

Aunque el aumento de la eficacia fue un enorme valor, el enfoque CAD todavía sufría de una debilidad fundamental heredado de la transición del dibujo manual al asistido por ordenador: un dibujo basado en abstracciones 2D que representan diseños 3D. Las líneas que se utilizan en los dibujos arquitectónicos no llevan ninguna información inteligente sobre los elementos que representan. Son sólo líneas, que no forman parte de un objeto 3D.

Mientras que la producción de planos utilizando herramientas CAD es muy eficiente, no hay coordinación entre ellos, ni herramientas de comprobación de errores. Los dibujos CAD pueden estar interrelacionados o con referencias cruzadas, pero cada uno sigue siendo un elemento esencialmente independiente. La coordinación entre las líneas mostradas en los



dibujos no es automática, y los profesionales del diseño son los responsables de la formidable tarea de mantener la coherencia entre los cientos o incluso miles de dibujos individuales necesarios en un proyecto. A medida que los proyectos se han vuelto más complejos, los equipos de diseño han crecido y los tiempos se han reducido, exigiendo además un mejor enfoque [1].

La introducción de las herramientas BIM está suponiendo un salto importante en la manera de gestionar los proyectos técnicos con todos los miembros del equipo. El Modelado de información de edificios (BIM) transforma radicalmente el proceso por el cual los edificios se diseñan y se construyen. Este panorama pone en relieve algunas áreas en las que BIM puede ayudar en una coordinación multidisciplinar, lo que permite un ahorro de tiempo y dinero y una documentación de proyecto más completa y comprensible.

Estos nuevos métodos de entrega de información van de la mano de la idea de construir la gestión del ciclo de vida de la construcción o del edificio. Además, el Cloud Computing amplía aún más la aplicación de estos conceptos, puesto que los modelos BIM permiten el trabajo desde distintos lugares al mismo tiempo.

Building Information Modeling (BIM) es definido como un proceso integrado de diseño, ingeniería, construcción y mantenimiento de un edificio basado en un modelo de información de edificios. Esto significa que un modelo BIM puede actuar como un espacio de trabajo común para los diferentes participantes en el ciclo de vida de un proyecto. Esta es la definición de BIM propuesta por Coenders en "*BIM as a visión*" [2]. Muchas personas asocian BIM con un modelo 3D de un diseño arquitectónico, pero puede ser mucho más que eso [3]. En una información BIM basada en el flujo de trabajo, el diseño y construcción de todos los participantes en el proyecto se almacena en una base de datos única (o una serie de bases de datos interconectadas que faciliten el fácil intercambio de información acerca de los elementos de construcción). Este intercambio de información sobre el proyecto permite a los nuevos flujos de trabajo que simplifican el almacenamiento, seguimiento y presentación de informes de toda la información del edificio.

Este enfoque BIM ayuda a eliminar las incoherencias, proporcionando a todos los miembros del equipo del proyecto con la información más actualizada acerca de los elementos del diseño. Los cambios realizados por cualquier miembro del equipo se puede sincronizar con el repositorio central, así que en lugar de confiar en las versiones dispares o copias, todo el mundo tiene acceso al estado actual del diseño y el esfuerzo necesario para coordinar la información se reduce drásticamente.

BIM no sólo ha revolucionado el proceso de producción de dibujo: el acceso a la información almacenada en un modelo de construcción también ha creado nuevos flujos de trabajo que están cambiando fundamentalmente la forma en los proyectos se diseñan, construyen, planean y analizan. BIM ofrece beneficios en todo el ciclo de vida del proyecto, incluyendo, entre otros:

- . El diseño conceptual.
- . El análisis estructural
- . El análisis energético en la fase de diseño.
- . La planificación, secuenciación y las interferencias en la fase de construcción.
- . La impresión en 3D y el mecanizado en la fase de fabricación.



El concepto original de modelo de información se suele atribuir a Codd [4], quien defendió la necesidad de una jerarquía en formato de árbol basada en objetos relacionales [5].

En el Object-Oriented Modeling (OOM), a los objetos se les pueden asignar propiedades, relaciones y comportamientos [6]. Por ejemplo, un objeto o un elemento puede poseer información sobre el tipo de elemento, las propiedades del material y las propiedades dimensionales, así como el propósito del elemento dentro de la estructura. Ejemplos de información son:

- . Tipos de elementos: pilares, vigas, zapatas, etc.
- . Propiedades de los materiales: límite de elasticidad, módulo de elasticidad, densidad, etc.
- . Propiedades dimensionales: altura, anchura, área, momento de inercia, módulo de elasticidad, etc.
- . Contexto del elemento: Relación con los elementos adyacentes.

En los modelos BIM, los objetos y los elementos pueden poseer una serie de información adicional que sea relevante para los participantes en el proceso de construcción por ejemplo, en relación con la operación y el mantenimiento.

En este trabajo se pretende abordar el flujo de trabajo de los modelos estructurales de información de edificios a partir de un caso práctico que nos ha servido como estudio piloto. Este caso de estudio nos ha permitido descubrir las fortalezas y debilidades de esta nueva metodología de trabajo y del uso de la tecnología BIM estructural.

2 FLUJO DE TRABAJO DE UN MODELO BIM ESTRUCTURAL

Hejnfelt y Øksengaard [7] denominaron con el acrónimo S-BIM al área de ingeniería estructural de BIM. Los arquitectos trabajan con el espacio, las masas y las formas de otra manera a la que los ingenieros trabajan con la construcción de los objetos del S-BIM. Los modelos del arquitecto son una parte del modelo BIM. Esto significa que a pesar de que los modelos arquitectónicos y estructurales (S-BIM) pueden ser muy diferentes, los modelos arquitectónicos indirectamente forman la base del modelo S-BIM. S-BIM posee la información de las cargas, combinaciones de carga, geometría, condiciones de contorno, las propiedades del material, propiedades dimensionales, etc. Por lo tanto se puede utilizar para el análisis estructural, así como para generar la documentación gráfica y los informes para la fabricación [5].

Un ejemplo simple de la diferencia entre BIM y S-BIM se muestra en la Figura 1. El modelo BIM incluye información sobre la geometría, las habitaciones y la ubicación de los huecos, que puede ser relevante para el arquitecto. Además, está incluido la información de los elementos decorativos y la orientación de la construcción, que podría ser relevante para el ingeniero. Abarca los elementos no estructurales y materiales que es relevante para el ingeniero estructural, así como las partidas del presupuesto y la planificación que es relevante para el propietario/promotor del edificio.

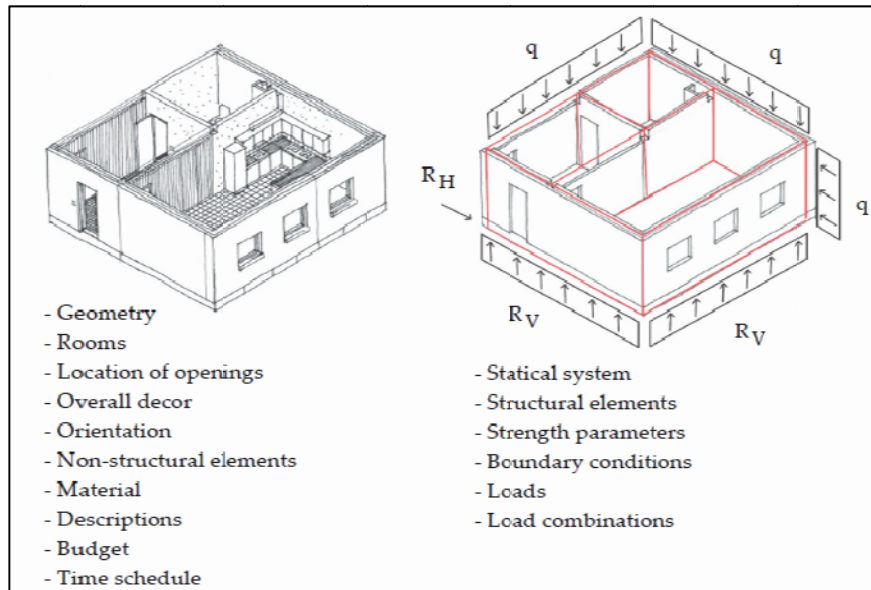


Fig 1. Izquierda: Modelo BIM. Derecha: Modelo S-BIM. 2006. Basado en bips [2006, p. 39]. [4]

El modelo S-BIM, en cambio, incluye información sobre el sistema estático, elementos estructurales, cargas, etc. Esta información es añadida por el ingeniero estructural y sólo es relevante para ellos.

2.1 Formato de intercambio de datos IFC

IFC (Industry Foundation Classes) es un modelo de datos orientado a objetos y de especificación abierta, desarrollado con el propósito de convertirse en un estándar que facilite la interoperatividad en la industria de la construcción.

La iniciativa IFC comenzó en 1994, cuando Autodesk formó un consorcio de la industria para asesorar a la empresa en el desarrollo de un conjunto de clases de C++ para apoyar el desarrollo de aplicaciones integradas. Doce empresas estadounidenses se unieron al consorcio. Estas empresas incluyen AT&T, HOK Architects, Honeywell, Carrier, Tishman y Butler Manufacturing. Inicialmente nombrada *Industry Alliance for Interoperability* (IAI), la Alianza comenzó su andadura en septiembre de 1995 y cambió su nombre en 1997 a la *International Alliance for Interoperability*. La nueva alianza se transformó en una organización sin ánimo de lucro, con el objetivo de la publicación del estándar IFC como un modelo neutral de producto de la industria de la arquitectura y la ingeniería para dar respuesta al ciclo de vida de la construcción. En 2005, la especificación de la IFC para estar desarrollada y mantenida por buildingSMART. Está definida por la norma ISO 16739:2013 y es un formato común para Building Information Modeling (BIM) [3].

Las clases y objetos IFC representan un modelo de información tanto geométrico como alfanumérico, formado por un conjunto de más de 600 clases y en continua ampliación. Todos los programas de software que soportan IFC pueden leer y escribir información e intercambiarla con otros programas. De este modo comunicamos “objetos”, con funcionalidad y propiedades.

Entre las ventajas que aporta este formato podemos destacar lo siguiente:

- . Permite dar soporte a la interacción entre los diferentes agentes que intervienen en el proceso constructivo mediante un formato estándar.
- . Los datos del modelo constructivo son definidos solamente una vez. Se consigue un aumento de la calidad, la reducción de los costes, así como una consistencia en la información en la fase de proyecto y durante el uso de las construcciones. Algunos estudios estimen ya en un 15 % esta reducción de costes.

2.2 Caso de estudio sobre un modelo prototipo

Este trabajo refleja el testeo llevado a cabo sobre una estructura prototipo para abordar el flujo de trabajo de un modelo BIM a un modelo S-BIM y de las relaciones bidireccionales creadas entre ambos. Los análisis se han llevado a cabo con las siguientes herramientas de software comercial:

- . Autodesk Revit Structure.
- . Robot Structural Analysis.
- . Robot Structure Analysis Link: módulo de conexión entre Revit y Robot.

Con el objetivo de determinar el flujo de trabajo más adecuado para relacionar el modelo BIM y S-BIM, se ha realizado el test sobre una estructura de hormigón armado, con pilares de sección cuadrada, vigas planas, forjado de 30cm y zapatas aisladas, tal como se aprecia en la Figura 2.

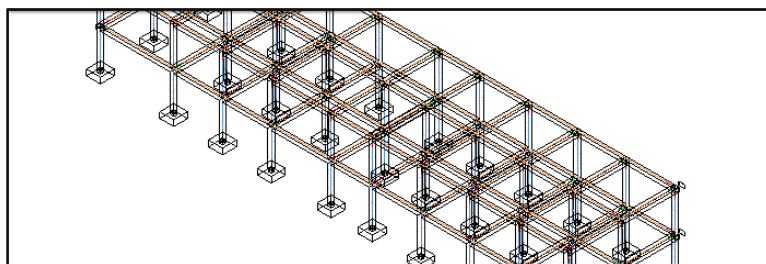


Fig 2. Modelo Estructural en Revit. 2013. Elaboración propia.

Se describen a continuación cada una de las fases evaluado sobre el modelo prototipo y se configura una propuesta de flujo de trabajo con los resultados:

1. Diseño Arquitectónico: en esta fase el arquitecto define el modelo conceptual del proyecto y constituye el punto de partida y eje del flujo de trabajo.
2. Diseño Estructural: en esta fase se definen los elementos estructurales sobre el modelo arquitectónico: pilares, vigas, forjados, zapatas, etc. (ver Figura 2).
3. Cargas: en esta fase se asignan las distintas cargas a los elementos estructurales: cargas permanentes, variables, de viento, etc. Además se realizarán las combinaciones de cargas según el Código Técnico de la Edificación (CTE) (ver Figura 3).

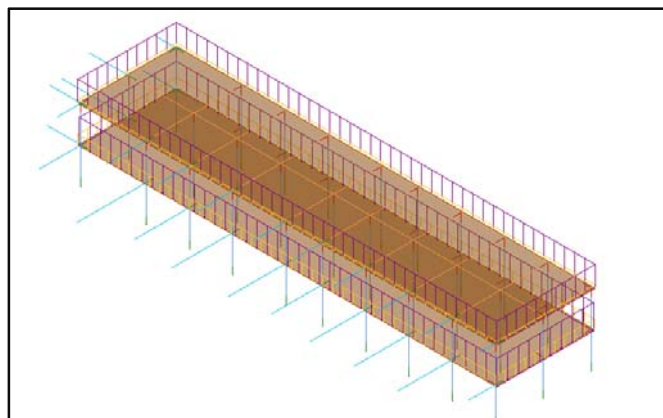


Fig 3. Cargas en el modelo BIM en Revit. 2013. Elaboración propia.

4. Transferencia del Modelo Analítico (BIM a S-BIM): El modelo analítico está formado por los componentes, la geometría, las propiedades de materiales y las cargas estructurales que constituyen un sistema de ingeniería. Este modelo es el que se puede exportar a aplicaciones de análisis, como es el caso del análisis estructural. Esta transferencia se realiza mayoritariamente a través del formato IFC. Las aplicaciones comerciales de cálculo de estructuras y BIM soportan este formato para el intercambio de datos: Arktec, Autodesk, Bentley, Cypcad, Graphisoft, Nemetschek, Tekla, etc.

5. Cálculo: Esta fase aborda el cálculo de los esfuerzos según las cargas asignadas y las condiciones de contorno. Se recomienda revisar estos datos antes de ejecutar el cálculo, puesto el tiempo de proceso puede ser considerable en función del tamaño de la estructura (ver Figura 4).

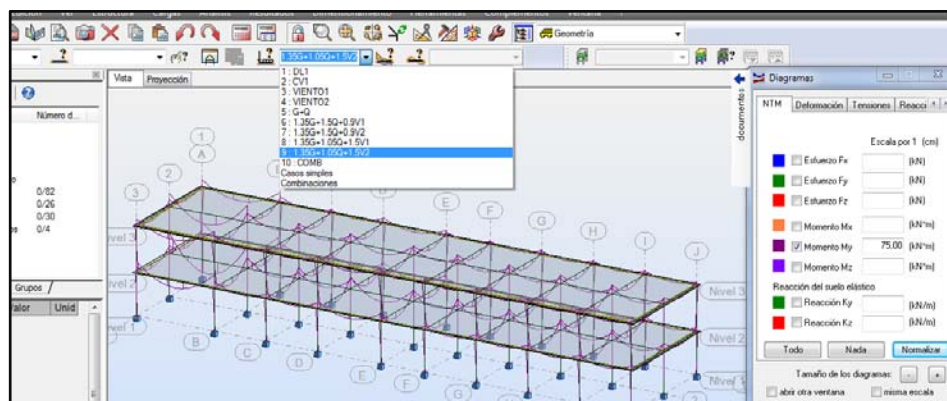


Fig 4. Fase de cálculo y comprobación de esfuerzos en Robot. 2013. Elaboración propia.

6. Comprobación de Esfuerzos: En esta fase se realiza una revisión de los esfuerzos obtenidos. Comprobamos los resultados obtenidos de cada una de las combinaciones y de la envolvente, verificando que la estructura se comporta adecuadamente con respecto a las cargas que está soportando. (ver Figura 4).

7. Armado: El armado se hace por categorías: vigas, pilares, etc. En cada categoría de los elementos estructurales tenemos que definir las opciones de cálculo y los parámetros de armado. En las opciones de cálculo establecemos el recubrimiento que deben tener las armaduras, el tipo de hormigón que se va a usar, el tipo de acero, el diámetro de las armaduras tanto longitudinales como las transversales, la armadura adicional (la armadura

de refuerzo). En el caso de los \emptyset para el cálculo de las armaduras hay que tener en cuenta los que son comerciales y otras características de cálculo: las armaduras longitudinales no se deberían ser inferiores a $\emptyset 12$, armaduras transversales de $\emptyset 6$, etc. En los parámetros de armado podemos definir en detalle el anclaje de los extremos de las armaduras, el número de capas para los grupos de armado, la forma de colocación de los estribos, etc. Una vez establecidos estos parámetros, podremos calcular el armado de cada elemento. En la mayoría de los software comerciales, en esta fase podemos ya disponer de los planos de ejecución en distintos formatos: dxf, pdf, etc. (ver Figura 5).

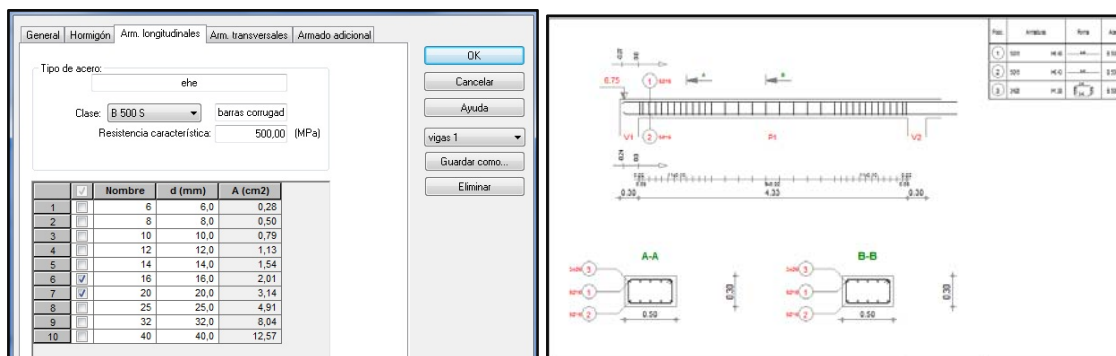


Fig 5. Fase de armado en Robot. 2013. Elaboración propia.

8. Modelo BIM + S-BIM: En esta fase se actualiza el modelo BIM para configurar la suma del modelo BIM y el modelo S-BIM. Dispondremos entonces del modelo con el armado y dimensionamiento requeridos según los esfuerzos (ver Figura 6).

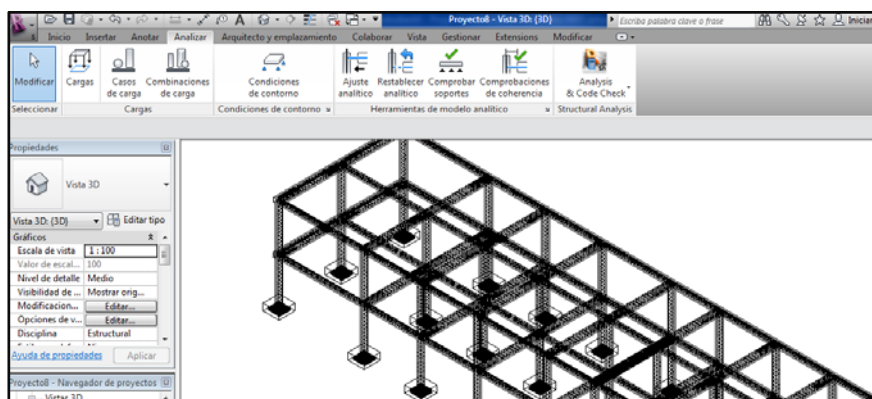


Fig 6. BIM + S-BIM en Revit. 2013. Elaboración propia.

8. Documentación del proyecto: en esta fase podemos generar toda la documentación del modelo estructural del proyecto: planos estructurales, detalles, etc. En el caso particular de Autodesk Revit se genera el plano y se configura la vista para que sea visible la armadura del modelo BIM. Además podemos crear presentaciones para dispositivos móviles con gran facilidad con Autodesk Design Review (ver Figura 7).

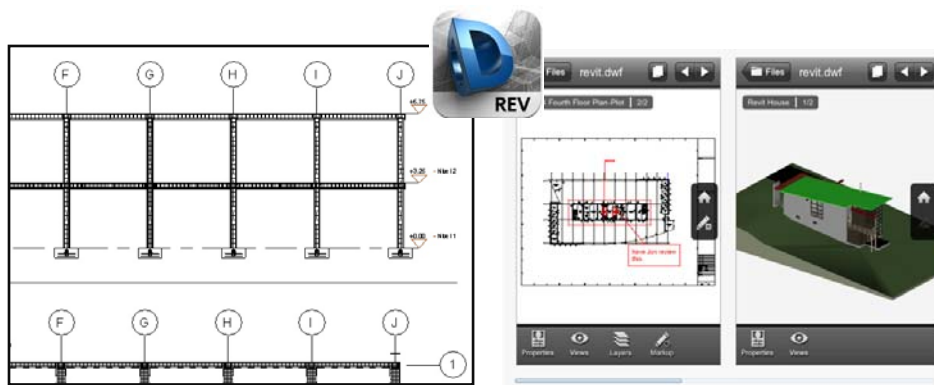


Fig 7. Fase de documentación en Revit. 2013. Autodesk.

En base a nuestra experiencia y lo descrito anteriormente proponemos el siguiente diagrama de flujo en el trabajo con BIM Estructural (ver Figura 8):

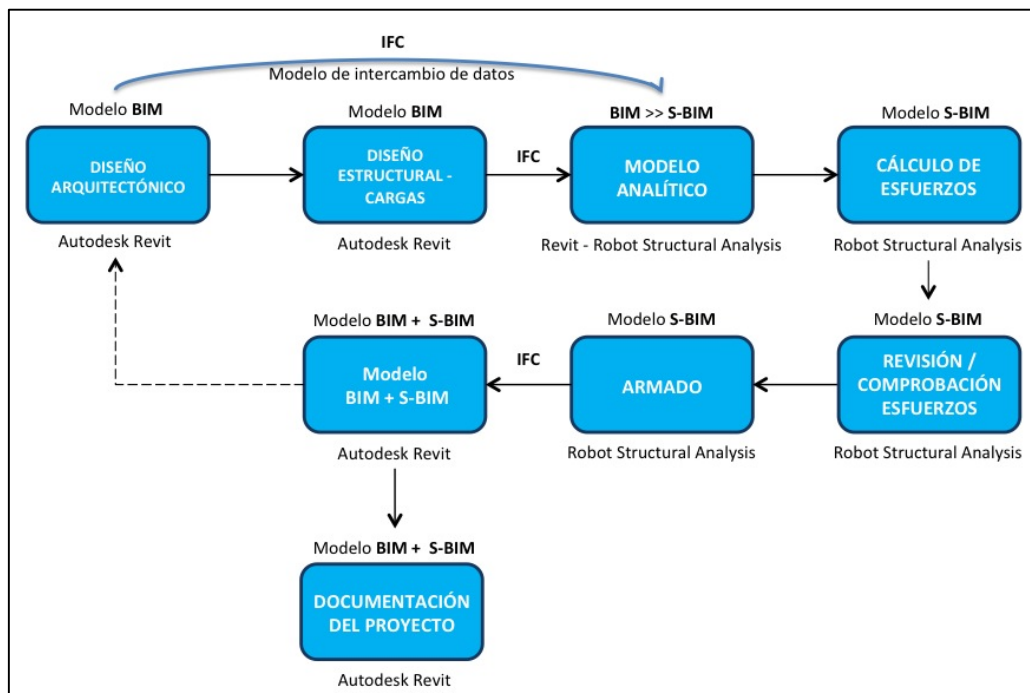


Fig 8. Flujo de trabajo con BIM Estructural. Elaboración propia.

3 CONCLUSIONES

La integración entre los modelos BIM y S-BIM facilita la coordinación de la información entre la fase de diseño conceptual y el diseño estructural y la documentación generada para las fases de construcción, uso y mantenimiento de los edificios/construcciones. La integración soporta múltiples flujos de trabajo. En este trabajo realizamos una propuesta de flujo de trabajo testada sobre una estructura prototipo.

La adopción de un flujo de trabajo adecuado permite un proceso de diseño más ágil y productivo, la oportunidad de realizar más análisis para encontrar la opción de diseño



estructural óptimo y una mejor comprensión de la intención del diseño produciendo menos errores y omisiones.

4 REFERENCIAS

- [1] Autodesk. (2013). *Autodesk Structural Engineering Curriculum*. <http://bimcurriculum.autodesk.com/unit/unit-1-introduction-structural-bim>. Recuperado el 2013.04.28.
- [2] Coenders J. L. (2009). Parametric and associative design as a strategy for conceptual design and delivery to BIM. *Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS) Symposium 2009*, Valencia, 1112–1123.
- [3] buildingSMART. Model - Industry Foundation Classes (IFC). (2010). URL <http://www.buildingsmart.com/bim>. Recuperado el 2013.04.28.
- [4] Codd E. F. (1970). A relational model of data for large shared data banks. *Commun. ACM*, 13(6), 377–387.
- [5] Robinson C. (2007). Structural BIM: discussion, case studies and latest developments. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 16 (4), 519 – 533
- [6] Jacobsen K. (2006). 3D arbejdsmetode 2006. BIPS. ISBN 87-91340-55-1.
- [7] Hejnfelt T. y Øksengaard R. (2007). The use of 3D and BIM technology for structural analysis and design. *Master's thesis, DTU - Technical University of Denmark*.

1^{er} Congreso Nacional BIM - EUBIM 2013

Encuentro de Usuarios BIM

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación

Universitat Politècnica de València

Valencia, 24 y 25 de mayo 2013



**1^º CONGRESO
NACIONAL BIM
EUBIM 2013**

IMPLEMENTACIÓN BIM



IMPLEMENTACIÓN BIM EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE ESTRUCTURAS DE EDIFICACIÓN

Autor: Rodríguez Niedenfürh, Miquel

(1) STATIC Ingeniería SAP (miquel.rodriguez@static-ing.com)

RESUMEN

STATIC Ingeniería es una ingeniería con más de 35 años de experiencia en el desarrollo de proyectos de estructuras en el ámbito de la construcción (edificación y obra civil). Para ello con el objetivo de ofrecer la máxima calidad a sus clientes se decidió en el año 2009 utilizar la metodología BIM como herramienta de trabajo.

Con la implementación de esta nueva tecnología se requirió un cambio en los procesos de producción. Se vieron alterados los flujos de trabajo y las metodologías utilizadas hasta entonces, basadas en modelos de representación CAD.

En este artículo se presentará la metodología adoptada para la implementación del BIM, analizando ventajas y desventajas, y como se han superado para obtener una metodología de mayor rentabilidad y calidad.

El mayor problema detectado es la falta de información existente sobre cómo adoptar la metodología BIM. Esto conlleva a tener que desarrollar una metodología propia.

Las ventajas obtenidas se pueden resumir en:

- Reducción de los tiempos de producción.
- Mayor control del proyecto.
- Documentación del proyecto más exhaustiva.
- Reducción de errores.
- Modelo BIM para intercambio de datos entre los distintos agentes que intervienen en la vida útil de la estructura.

Palabras clave: BIM, edificación, estructuras, implementación, proyecto

1 INTRODUCCIÓN

Para la implementación y adopción de la tecnología BIM para el desarrollo de proyectos de estructuras de edificación y obra civil se deben seguir los siguientes pasos:

- Designación de un BIM Manager.
- Formación inicial del personal.
- Estandarización, creación de plantillas y familias para poder generar los modelos.
- Definición de los flujos de trabajo y los roles de las distintas personas involucradas.

Para que la implementación se lleve a cabo con éxito, aparte de realizar los pasos anteriormente especificados como puntos de partida, será necesario:



- Revisión periódica del flujo de trabajo para detectar la eficacia del mismo.
- Supervisión continua de los modelos BIM para detectar si la información se introduce de forma correcta. Se deberá analizar si las familias se utilizan correctamente tanto a nivel gráfico, como si los parámetros se han rellenado de forma correcta.

En la implementación realizada en STATIC se siguieron los pasos iniciales especificados, y actualmente se realiza el control especificado en segundo lugar. De esta manera se ha alcanzado un gran conocimiento de la herramienta informática (Revit Structure), así como de la metodología (BIM). El éxito de la implementación se ve corroborado en el resultado de 1.061.943 m² de proyectos realizados con BIM, de los cuales 803.306 m² corresponden a proyectos ejecutivos y 178.637 m² a anteproyectos.

Para llevar a cabo con éxito la implementación se tuvo que seguir un proceso que no produjera muchas interferencias en la producción del despacho para no suponer una carga que ponga en crisis dicha implementación.

Actualmente en nuestro país la tecnología BIM está poco difundida. Algunos de los pilares básicos del BIM son la colaboración entre agentes y el intercambio de información. Esto actualmente no se lleva a cabo de forma generalizada. Aun así el uso de esta tecnología es de gran provecho de forma interna garantizando procesos de trabajo con menos errores y de mayor capacidad de producción. Las herramientas BIM también han demostrado ser de gran ayuda para el control del proyecto en fase de diseño y de obra.

Por lo tanto se puede concluir que la adopción del BIM supone una mejora en el desarrollo de proyectos de estructuras debido al mayor rendimiento de producción, control de la documentación e información y a la vez proporciona una mayor calidad del producto realizado.

2 IMPLEMENTACIÓN DE BIM EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS

2.1 Metodología de implementación

1ª FASE: Implementación inicial

Esta fase se hizo de una forma relativamente rápida. Todo el proceso duró aproximadamente un año. Los pasos iniciales fueron:

- **Designación de un BIM Manager.** Debe ser una persona con grandes conocimientos del software a utilizar, y además debe tener una visión global de todo el proceso de producción. Sus funciones también engloban la formación continua del personal, y la supervisión del uso correcto de la herramienta.
- **Formación inicial del personal.** Se realizó una formación de los delineantes para conocer la nueva herramienta (20 horas). Los ingenieros no tuvieron que realizar una formación específica, pues gran parte de la metodología usada en la representación de una estructura con un software BIM, es similar a la de los programas de análisis estructural.
- **Estandarización, creación de plantillas y familias para generar los modelos.** Para la creación de las nuevas familias y plantillas, se necesita un técnico que tenga una visión global del proyecto para ver de qué manera es mejor hacer la familia/plantilla, en cuanto a la definición de parámetros. Por otro lado, es necesario tener a un delineante, que analice de qué manera va a representar la información,

para ver cómo organizar la familia/plantilla. Esta tarea se encomendó al BIM Manager y al delineante responsable del mantenimiento de la biblioteca de plantillas y familias.

- **Definición de los flujos de trabajo y los roles de las distintas personas involucradas.** El BIM Manager analizó en una primera fase, y revisa actualmente, los flujos de trabajo necesarios para la realización de los proyectos. Es distinto el enfoque de un proyecto de obra nueva, una rehabilitación, un soporte a la construcción, etc.
- **Uso de herramientas CAD.** En las fases iniciales, dada la falta de práctica con la representación gráfica de ciertos elementos (notas de texto, detalles, etc.) se realizaron con un sistema CAD y se incorporaron al archivo BIM. De esta manera en un primer momento el modelo no era 100% BIM. Lo que si se hizo desde el principio, es que toda la información se ubicaba en un único modelo, aunque la fuente de generación no siempre era el archivo BIM.

2ª FASE: consolidación

Para cada proyecto el BIM Manager analiza de qué manera se tiene que organizar la información, y traspassa la información a los ingenieros y delineantes responsables de desarrollarlo. El BIM Manager, junto con el delineante responsable de la gestión de la librería de archivos base del despacho, son responsables de la creación de nuevas familias cuando son necesarias.

En esta fase toda la información se genera con el software de BIM, consiguiendo un modelo del proyecto totalmente parametrizado.

En esta segunda fase no se consideró oportuno contratar ningún servicio externo, pues no se encontró a nadie con la suficiente experiencia para hacer una implementación de Revit Structure. Además, la gran dificultad de la implementación de la herramienta no es el uso de la misma, sino encontrar los flujos de trabajo adecuados, y la forma de documentar los proyectos. Al ser una herramienta poco madura en nuestro país, nadie ofrecía las suficientes garantías para realizar la implementación de forma correcta. Por eso se optó por hacerla de manera interna, conllevando a un proceso de revisión y mejora continua.

Durante el primer año se pueden solucionar la mayoría de problemas de conocimiento técnico del programa. A partir de entonces se llega al máximo conocimiento posible del programa y la mayoría de veces, cuando surge un problema o duda de cómo realizar algún proceso, es porque se ha llegado al límite del programa. En ese punto son muy útiles los contactos entre expertos del sector, con los que compartir experiencias y encontrar soluciones a problemas particulares o comunes. Este proceso es el que podría suplirse por un consultor externo con la suficiente experiencia en el uso del BIM para proyectos de estructuras.

2.2 Dificultades en la implementación y uso del BIM

La adopción de una nueva metodología de trabajo supone un gran reto para todos los agentes involucrados. Dado que la metodología es novedosa, que existe poca información y experiencias, la resolución, muchas veces, se realiza por el método de ensayo-error, ya que no siempre la solución es evidente.

Durante la fase de implementación inicial se detectaron los siguientes problemas:

- Falta profesionales en el mercado que tuvieran la experiencia suficiente para realizar la implementación.
- La documentación publicada, tanto nacional como internacional no es suficiente para realizar una implementación correcta. Se hace necesaria una labor interna de analizar qué necesidades tiene el desarrollo de un proyecto para encontrar las soluciones correctas. La realización de los proyectos, mediante BIM, en otros países (EEUU, Europa) es distinta a la nuestra. Esto significa que la experiencia acumulada en otros países no siempre es útil. En concreto ha sido necesario crear nuevas familias que se adaptan mejor a la información requerida en un proyecto realizado en nuestro país. Cabe destacar que un proyecto ejecutivo en nuestro país equivale a un proyecto constructivo. En otros países el proyecto ejecutivo aun no es el constructivo. En otros países muchas veces el proyecto ejecutivo se desarrolla fuera del entorno BIM. Nuestro objetivo ha sido el de englobar toda la información del proyecto constructivo en el modelo BIM y es en este punto donde cuesta más encontrar experiencias ya realizadas.
- Para la adopción de un software BIM será necesario actualizar los equipos informáticos para que el rendimiento de los programas sea adecuado. Además el volumen de información es superior al generado con sistemas basados en CAD. Por ello es necesario incrementar la capacidad de almacenamiento del servidor y la copia de seguridad. Un archivo medio ocupa 100 Mb. Si se tienen unas 4 versiones de proyecto se tendrán 400 Mb. Si se tiene configurado el software para que haga 3 copias de seguridad por archivo, se tiene que en total por proyecto se necesita un espacio de 1.2 Gb.

Los problemas encontrados con la nueva metodología son:

- **Falta de conocimiento de la herramienta por parte de los usuarios.** Se soluciona con la formación continua impartida por el BIM Manager.
- **Software inmaduro.** Algunas limitaciones en la modelización o representación, son debidas a que el software está en proceso de evolución. Ante esto se deben ir buscando soluciones alternativas no contempladas en el software.
- **Modelización incorrecta.** No siempre los usuarios modelizan correctamente, debido a la posible interpretación errónea de ciertos criterios de modelado. Los problemas derivados son que la información no se encuentra, porque no está donde se supone que debe estar. Esto se soluciona mediante un coordinador del proyecto que periódicamente revisa la información introducida en el modelo y corrigiendo aquellos casos donde no esté ubicada correctamente. Con la realización de vistas y tablas de coordinación se facilita esta tarea.
- **Mediciones incorrectas.** Una modelización incorrecta puede acabar dando unas mediciones incorrectas. Al igual que el punto anterior, esto se soluciona teniendo un control semanal del proyecto y revisando regularmente las familias para ver que su entrada y parámetros son correctos. Estandarizando la documentación, generando tablas y vistas de control se puede minimizar mucho esta problemática.



2.3 Beneficios de utilizar BIM

Los beneficios de utilizar BIM son múltiples, aunque el principal, que es la coordinación entre disciplinas y la colaboración entre todos los agentes que participan en la vida útil del edificio, aun no se produce. Esto es debido a la poca difusión del BIM en nuestro país. Así si se adopta la metodología BIM, a parte de las ventajas que se nombrarán a continuación, se tendrá de forma automática las dos ya mencionadas.

Aunque utilizar BIM solo de forma interna en un despacho puede parecer que no sea el fin de la metodología, entendemos que si lo es porque se utiliza el modelo para almacenar toda la información del proyecto. Como indican las siglas BIM, es un Modelo de Información del Edificio. Es cierto que es un modelo de información interno, pues los parámetros utilizados son particulares del despacho y no siguen ningún estándar concreto, pero de cara a la gestión de la información está toda incluida en el modelo. Además los programas de análisis estructural permiten cierta conexión con el software BIM optimizándose el proceso de análisis.

Las ventajas obtenidas son:

- **Minimización de errores de delineación.** No se colocan textos en la documentación sino etiquetas que muestran propiedades de los elementos. De esta manera no hay textos erróneos. Además al tratarse de un modelo único, en cada vista donde aparece el mismo elemento, tendrá la misma geometría, y sus etiquetas siempre contendrán el mismo valor.
- **Mejora de la concepción del trabajo a realizar.** La persona responsable del proyecto, al realizar el modelo lo está construyendo virtualmente. De esta manera se tiene una visión más clara del conjunto de la estructura. Además el hecho de poder ver el modelo desde cualquier ángulo, facilita la detección de problemas e incongruencias.
- **Facilitación de la gestión de la información.** El responsable de proyectos que no está en el día a día de su desarrollo, puede revisar fácilmente el estado del trabajo ya que tiene que revisar un único modelo que contiene toda la información.
- **Facilidad de revisión.** La revisión de un modelo realizado en el pasado se realiza con gran facilidad, porque aun desconociendo el proyecto, se tiene una visión tridimensional dinámica del mismo y una base de datos que contiene todos los parámetros del proyecto.
- **Automatización de las mediciones.** Utilizando familias con los parámetros adecuados se pueden obtener las mediciones de forma casi automática directamente del modelo. De esta forma en cada fase y momento del proyecto se puede obtener una estimación de cantidades y coste del mismo.
- **Reducción de los tiempos de producción.** Con la creación de las familias de forma óptima, se pueden reducir drásticamente los tiempos de delineación al parametrizar gran parte de los elementos a dibujar. Se intenta que la delineación se limite a colocar etiquetas y cotas.

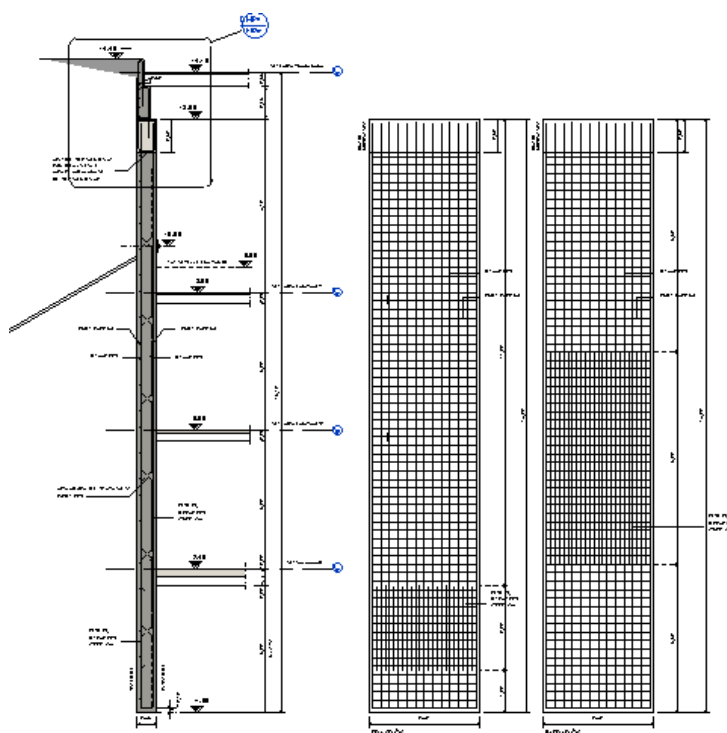


Fig 1. Familia muro pantalla donde el dibujo de la armadura está parametrizado

- **Documentación de construcción más exhaustiva.** Del modelo tridimensional de la estructura se pueden obtener de forma muy fácil gran cantidad de vistas para hacer más clara la comprensión de la estructura. Con sistemas CAD se tendía a realizar el mínimo de representaciones de los elementos estructurales. Con sistemas BIM se pueden hacer representaciones redundantes para hacer más comprensible la solución adoptada. Debido a que el modelo es único no hay riesgo que las distintas vistas no estén coordinadas. De forma muy sencilla se pueden hacer alzados, secciones, axonometrías, etc. a las cuales aplicando un filtro ya están gráficamente acabadas.
- **Herramienta de gestión.** El producto ofrecido no se trata de una documentación gráfica estática, sino de un modelo virtual del edificio que contiene todos sus parámetros. De esta manera el cliente a lo largo de la vida útil del edificio puede obtener y modificar los datos del mismo. Convirtiéndose en una herramienta de gestión muy útil si se requiere ir añadiendo nuevos parámetros o modificando los existentes.
- **Conectividad con programas de análisis estructural.** Esta permite reducir el tiempo de generación del modelo analítico, y los errores de definición geométrica. Asimismo se pueden realizar, sin gran esfuerzo, cálculos paralelos con distintos softwares de análisis para garantizar que la solución obtenida es la correcta.
- **Modificaciones no traumáticas.** Al tratarse de un modelo que contiene objetos y no líneas, cualquier cambio de un elemento se refleja en todas aquellas vistas (plantas, alzados, detalles, tablas) donde aparece. De esta forma se tiene la garantía que el cambio realizado se refleja en toda la documentación.

2.4 Nuevos roles y flujos de trabajo

Hasta ahora el ingeniero hacía el dimensionado de la estructura y el rol del delineante era representarlo. Había por lo tanto un flujo de trabajo lineal. El ingeniero analizaba y



dimensionaba la estructura y el delineante la dibujaba. Posteriormente se realizaban las mediciones.

Con la tecnología BIM en primer lugar se modela la estructura. Esta puede ser un modelo definitivo o un análisis preliminar. Esta fase al no ser tan complicada como dibujar toda una estructura en CAD, la puede incluso hacer el ingeniero porque va haciendo sus cálculos preliminares y ya los refleja en el modelo. Si es necesario, se puede presentar el trabajo en unos planos de forma muy sencilla a nivel de anteproyecto sin gran esfuerzo.

Posteriormente el ingeniero realiza sus cálculos definitivos y el delineante los refleja en el modelo. Con sistemas CAD la mayor parte de la producción de la documentación gráfica la hacían los delineantes. Con el software BIM se facilita mucho la modelización, el trabajo no son tareas de dibujar líneas y textos, sino que es introducir elementos y propiedades. Este trabajo no es costoso para alguien sin experiencia CAD como puede ser un ingeniero. Así parte de la información del modelo es introducida directamente por el ingeniero, reduciendo los errores de transcripción de información entre delineante y técnico. Las tareas del delineante pasan a ser más de edición de las distintas vistas del proyecto anotando las propiedades relevantes de cada elemento estructural. Dichas propiedades han sido ya introducidas por el ingeniero (o delegadas en el delineante si es necesario).

Así el flujo de trabajo ya no es lineal sino que todo el mundo trabaja a la vez. El delineante puede ir preparando las vistas a la vez que el ingeniero dimensiona los elementos.

Además en paralelo la persona encargada de las mediciones puede ir preparando las tablas y controlando que la introducción de datos sea correcta.

2.5 Coordinación entre agentes

A día de hoy la coordinación entre agentes es escasa, ya que el BIM no es una metodología de trabajo extendida en nuestro país. Es de esperar que en los próximos años su uso se incremente, y será entonces cuando se tenga que realizar un esfuerzo en conseguir que la coordinación sea lo más fluida posible.

En las pruebas internas realizadas se ha observado que la gran dificultad de la coordinación estará en el control de cambios. Se empezarán a gestionar modelos complejos con las distintas disciplinas y será necesario disponer de una herramienta, que de forma automática y fidedigna sea capaz de informar a cualquier agente involucrado en el proyecto qué cambios han realizado el resto. Actualmente los distintos softwares disponen de herramientas para llevar a cabo esta tarea, pero no son herramientas efectivas al 100%.

Hoy en día la comunicación de los cambios depende de las personas, por lo que no son completamente fiables. Es por eso que será necesario disponer a medio plazo de alguna herramienta que permita tener un control de los cambios introducidos en cada modelo, para poder adaptar el resto de los agentes su modelo a dichos cambios.

2.6 Documentación de construcción

La documentación generada para la construcción mediante BIM, ha mejorado considerablemente, respecto a la realización del trabajo que se realizaba con sistemas CAD.

La documentación que se entrega, es mejor porque está más uniformizada y con menos errores.

Por otro lado al disponer de un modelo gráfico tridimensional, se plantea la posibilidad de realizar nuevas representaciones del modelo que con métodos CAD eran inviables técnica o económicamente. Se pueden realizar representaciones de la estructura mostrando información que anteriormente no se graficaba.

Algunos ejemplos de documentación generada con BIM que resultaban muy laboriosos con sistemas CAD:

- Proyectos de contención de tierras con distintos niveles y topografía compleja se pueden representar con axonometrías y alzados de muros obteniendo una información muy clara de la solución adoptada.
- Cimentaciones complejas donde el nivel resistente es variable se puede modelizar fácilmente su ubicación para tener un mayor control de las actuaciones a realizar. De esta manera se pueden cuantificar, en fase de proyecto, el volumen de pozos de cimentación, longitud de pilotes, longitud de anclajes, volúmenes de excavación en función del tipo de material, etc.
- En proyectos de estructura metálica se pueden hacer axonometrías tridimensionales con plantillas que provocan que cada tipo de perfil se vea de un color. De esta manera se consigue que una estructura, que a priori puede ser compleja, se entienda fácilmente. Se puede completar la documentación con múltiples alzados y secciones. Con los sistemas de CAD se representaban las plantas y los alzados mínimos dada la complejidad de realizarlos.

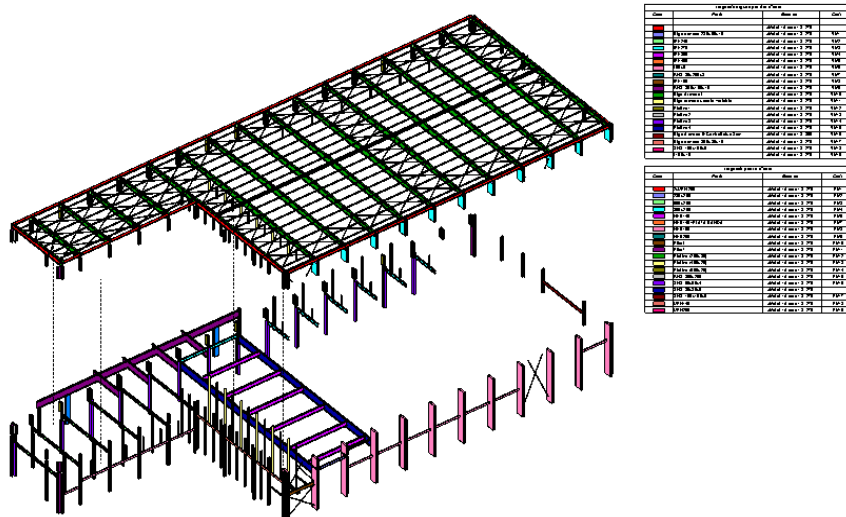


Fig 3. Axonometría con tipo de perfil filtrado por colores

- Documentación gráfica coordinada. Cada vista que hace referencia a un mismo elemento será representado con las mismas propiedades. No produciéndose así incongruencias de información entre los distintos planos.

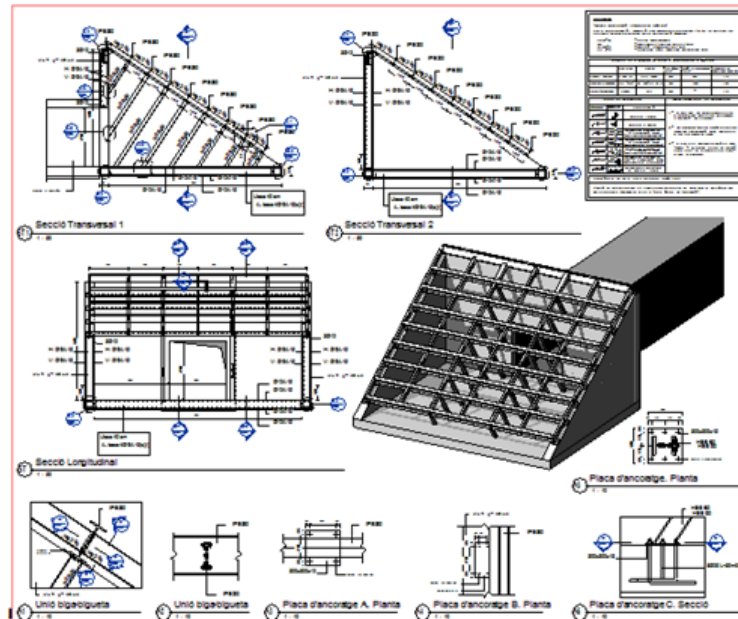


Fig 4. Plano con distintas vistas representando el mismo elemento de forma coordinada

- Planos mostrando la resistencia al fuego de los distintos elementos estructurales, representando por colores las distintas necesidades.
- En proyectos de rehabilitación se generan vistas de fase existente, derribos y reforma de forma automática.
- En general se pueden realizar vistas donde se filtran por colores propiedades de determinados elementos obteniéndose una documentación muy clara del proyecto.
- Tipos de letra y línea unificados en todas las vistas al no ser escogidos por el usuario, sino establecidos por la plantilla del proyecto.

2.7 Estandarización

Cuando se modeliza una estructura mediante BIM, no se dibujan líneas y textos, sino que se dibujan elementos. El software tiene ciertos elementos por defecto, pero si se quiere tener una herramienta de producción efectiva, es necesario crearse elementos propios, etiquetas, plantillas, etc. Esta es la clave para alcanzar una gran producción de trabajo.

En primer lugar hay que definir los elementos que van a formar parte del modelo. Se debe pensar que información deben contener, y por otro lado como se van a representar tanto gráficamente como alfanuméricamente.

pi	3.141593
Peso piel	0.000000
Peso long sup	2.663443
Peso long inf	2.663443
Peso cerco	2.801547
Densidad acero	7850.000000
Area piel	0.000 m ²
Area long sup	0.000 m ²
Area long inf	0.000 m ²
Area cerco	0.000 m ²

Fig 2. Parámetros personalizados para obtener la medición de la armadura pasiva de un muro



La mayor ventaja del BIM es que realizando un modelo 3D, una vez acabado se pueden generar todas las vistas necesarias (plantas, alzados, detalles, etc.) y aplicando unas plantillas se muestra todo lo que se desea. Solo faltará añadir etiquetas y cotas que acaben de mostrar la información necesaria. Se puede llegar a generar todo un proyecto, y si al final se cambia un parámetro, en todos los sitios donde aparece se modifica de forma automática.

Por ello una de las tareas más importantes en el BIM es estandarizar toda la información alfanumérica y gráfica para obtener un buen rendimiento de producción. Además con un modelo estandarizado se puede ofrecer al cliente la base de la misma, y así puede extraer fácilmente la información que necesite sin nuestra ayuda.

En el caso de STATIC la estandarización consistió en:

- Creación de elementos estructurales asignándoles categoría y subcategoría para poder controlar su visualización gráfica.
- Creación de parámetros. El software viene con pocos parámetros por defecto. Se tienen que crear todos los parámetros para contener la información necesaria del proyecto. Los parámetros no corresponden solo a elementos que se deseen etiquetar en los planos, sino que también son parámetros que se necesitan para las mediciones, o simplemente datos que corresponden al proyecto y que se reflejan por ejemplo en la memoria. En este último caso se utiliza el modelo BIM como contenedor de esa información. Actualmente esa información puede estar en hojas de cálculo, archivos de texto, etc. Con el modelo BIM se puede tener almacenada toda la información y así se puede tener un mejor control de la misma.
- Creación de plantillas de vista para una mayor velocidad de dar formato a las mismas y además conseguir una mayor uniformidad aun trabajando distintas personas en un mismo proyecto.

2.8 Desarrollo futuro

Las líneas de desarrollo futuro de la implementación BIM consisten en:

- **Optimización de las familias.** Dado el tamaño que van adquiriendo los archivos se requiere optimizar las familias para reducirlo.
- **Flujos de trabajo definitivos.** Con el paso del tiempo y la repetición de tipologías de proyectos se deberán definir los protocolos definitivos para agilizar el trabajo de despacho y afianzar la formación de los usuarios.
- **Herramientas de coordinación.** Con la proliferación del BIM en nuestro país, es de esperar que en un futuro será obligada la coordinación entre los distintos agentes que intervienen en el proyecto constructivo. Para ello será imprescindible disponer de una herramienta capaz de detectar los cambios de cada disciplina en cada fase del proyecto, para que el resto puede adecuar su modelo a los mismos.
- **Establecimiento de flujos de trabajo entre disciplinas.** El trabajo activo y simultáneo sobre un único modelo de distintas disciplinas, obligará a tener un flujo de trabajo establecido para tener un control del estado del proyecto. El hecho de trabajar muchas personas a la vez pero no necesariamente en una localización geográfica única, obliga a tener un control de cambios automatizado, como se ha nombrado anteriormente, así como un orden en la generación del modelo para que



cada disciplina pueda desarrollar su trabajo sin estar entorpecido por el trabajo de los demás.

- **Responsabilidades sobre el modelo.** Se deberá analizar, tanto técnicamente como legalmente, como se distribuyen las responsabilidades sobre los distintos elementos del modelo. Actualmente la documentación gráfica y escrita acaba siendo un documento de papel firmado (o un archivo digital firmado) donde queda claramente reflejado el responsable. En un modelo único donde trabajan los distintos agentes intervinientes en el desarrollo del proyecto, será necesario establecer hasta donde llega la responsabilidad de cada agente. Será necesario analizar de qué manera los distintos softwares permiten restringir el acceso a la información, para que esta solo pueda ser modificada por el agente responsable.

3 CONCLUSIONES

La implementación de la metodología BIM en el desarrollo de proyectos de estructuras de edificación y obra civil supone un esfuerzo inicial, compensado por el excepcional resultado obtenido.

Inicialmente se requiere una inversión en la adecuación de los equipos informáticos, y la adquisición del software. También se deberá realizar un esfuerzo en la formación inicial y continua.

La primera mejora que se observa es el mayor control que se tiene del proyecto. Desde la concepción del mismo, hasta la entrega final del producto, en todo momento se tiene un conocimiento total del elemento proyectado porque el sistema permite tener una inmersión total en el modelo virtual.

La gestión de la información del proyecto se facilita por el hecho de estar toda incluida en un único modelo.

La documentación gráfica se genera de forma más ágil, fiable y coordinada, obteniendo un producto de mayor calidad y rentabilidad.

Lo que nos llevará a poder ofrecer al cliente un producto con un alto valor añadido que le permitirá gestionar de manera más eficiente su estructura.

4 REFERENCIAS

- [1] Autodesk. (2012). *Revit Structure 2013. Manual del usuario*
- [2] AEC (UK) *BIM Standard for Autodesk Revit* (2010)
- [3] Weir Thomas S., Richardson Jamie D., Wing Eric, Harrington David J. (2009). *Mastering Revit Structure 2009* Wiley Publishing Inc.

CASO DE ÉXITO LA INGENIERÍA EUROESTUDIOS Y AVATAR BIM

Autores: Revuelta Coruña, Javier (1), Arteaga García, Javier (2), Barco Moreno, David (3)

- (1) BIM Manager EUROESTUDIOS. F.REVUELTA@euroestudios.es
(2) Director de Tecnología AVATAR BIM. jarteaga@avatarbim.com
(3) Director de Formación AVATAR BIM. dbarco@avatarbim.com.

RESUMEN

La necesidad de estar al nivel requerido por sus clientes nacionales e internacionales motivó a Euroestudios a implantar la metodología BIM para el desarrollo de sus procesos de trabajo. Para ello solicitó la ayuda de la consultora Avatar BIM.

En el presente documento se recogen los principales aspectos del proceso de implantación como son la metodología utilizada y la planificación. También se describen algunos ejemplos de la requerida reingeniería de procesos de trabajo, así como un resumen de la experiencia de uno de los primeros proyectos ya desarrollados en BIM. (Metro de Doha (Qatar))

Se constituyó un equipo conjunto entre Euroestudios y Avatar Bim para desarrollar el primer proyecto real BIM durante la implantación que duró 6 meses. En este proceso se formó al equipo en BIM (Revit Architecture, Structure y MEP y BIM Manager) y se realizó la reingeniería de procesos adecuándolos a la nueva filosofía BIM.

Tras la implantación Euroestudios disponía de un equipo de 13 personas de las distintas disciplinas totalmente capacitado y formado que fue capaz de abordar con éxito la redacción completa de un proyecto BIM de estructuras de 6 estaciones de metro en Doha, Qatar a pesar de que los plazos fueron muy exigentes.

1 INTRODUCCIÓN

La implantación BIM, no es una moda. Después de analizar el sector y realizar el correspondiente benchmarking, se llegó a la conclusión, que la implantación es necesaria, en un mundo cada vez más globalizado y competitivo, donde el cliente quiere un producto de más calidad y al que le pueda sacar más partido, en el que pueda involucrar y colaborar con todos los procesos derivados del sector (idea del proyecto, fase del mismo, ejecución, control de costes y posterior mantenimiento), por un dinero cada vez más escaso.

La dirección de la compañía debe ser consciente de que no es un camino fácil. Por tanto se hace un planteamiento realista, en el cual, hace falta, tiempo, recursos económicos y de personal.

Para ello, la implicación tanto de Avatar BIM, como del equipo diseñado por Euroestudios en el proyecto real que nos fijamos fue de máximo compromiso, aplicando unos ratios de esfuerzo, por parte de nuestra consultora BIM, de un 30% sobre unas 1600 horas totales, lo que ha supuesto unas 1120 horas de esfuerzo, inicial de Euroestudios.

La forma plantear y gestionar la implantación fue:

- Planteamiento de unas sesiones de formación previas, de duración variable en función de la especialidad, con el fin de adquirir un conocimiento mínimo de la herramienta.



- Designación de por parte de Avatar BIM, de expertos en cada especialidad.
- En paralelo, gestión burocrática de subvenciones por formación, por parte de la Fundación Tripartita.
- Implantación sobre proyecto real, sobre el que se realiza la consultoría. Con ello, se planificó la línea de procesos correspondiente y se fueron analizando las desviaciones que iba habiendo con respecto a la realización del mismo, con medios de CAD tradicionales. Estas desviaciones, al principio de la implantación, sabíamos que iban a ser grandes.
- Generación de los documentos propios de los procesos seguidos en cada momento.

2 CONTENIDO

2.1 Principales objetivos de la implantación y expectativas.

En un primer paso, Euroestudios, aportó su forma de trabajo y know how a Avatar BIM de tal forma que se evitó realizar una reingeniería de procesos de forma anárquica, adaptando los procesos actuales al trabajo con las nuevas herramientas.

Fue primordial, limitar los compromisos por ambas partes y limar las posibles “asperezas” que puedan surgir antes de ponerse en marcha. También hacer un seguimiento de calidad de cada una de las sesiones, ejecutando el correspondiente checklist firmado por ambas partes, de conformidad en los temas tratados. Con este seguimiento, se evitaban posibles problemas posteriores en relación a los objetivos planteados y esperados en cada sesión. Las personas que Euroestudios designó, fueron personas con años de experiencia y que conocen el negocio y la forma de trabajo que la empresa emplea. Personas de la máxima confianza y compromiso con la compañía.

El equipo de Euroestudios fue: Arquitectura (1 Técnico, 2 Proyectistas) Estructuras (2 Técnico, 3 Proyectistas), Instalaciones (3 Técnico, 1 Proyectistas) y 1 BIM Manager.

Avatar BIM también se encargó de transmitir la planificación del proyecto, la estrategia de modelado y la organización del mismo ya que, este trabajo, en las primeras fases, es fundamental, para que dicha planificación, quede plasmada en un aumento de rendimiento y para ello contó con la presencia de 9 consultores.

2.2 Metodología aplicada en la implantación.

La implantación BIM supone un importante cambio en la empresa. Es imprescindible gestionar este cambio de forma correcta ya que afecta no solo a aspectos técnicos (Aplicaciones, datos y tecnologías) sino también afecta a la organización y a los procesos y procedimiento de trabajo.

El principal impacto del cambio, es que en BIM, se modela como se construye. Esto exige un mayor nivel de coordinación entre las especialidades del proyecto (Arquitectura, Estructuras e Instalaciones) ya que se trabaja sobre una maqueta virtual y por tanto es necesario que algunos elementos estén realizados, para poder empezar a trabajar en otros. En general, estructuras y sobre todo instalaciones, no podrán comenzar a trabajar sobre el modelo en tareas de modelización, hasta que la arquitectura esté suficientemente definida.

Los principales elementos de la metodología que se ha aplicado en el proyecto de implantación de Euroestudios son:

2.2.1 Formación.

La principal problemática con que se encuentran las empresas es que su equipo adquiera los conocimientos adecuados con la mínima interrupción. El tamaño de una empresa, la experiencia existente, la estrategia de despliegue; todos estos factores deben formar parte del plan de formación en BIM. A continuación indicamos tres puntos que deben tenerse siempre en cuenta:

- 2.2.1.1. BIM significa cambios:

Cambios en la forma de trabajar, cambios en las necesidades de personal y la organización de los proyectos, y cambios en la manera en que la empresa utiliza la información contenida en el modelo de edificio. La formación y la concienciación sobre BIM son herramientas clave al hacer frente a la resistencia natural al cambio, especialmente en grandes empresas donde la estructura organizativa y la dispersión de las oficinas dificultan más la comunicación.

- 2.2.1.2. Aumento de productividad.

La pérdida de horas facturables durante la formación siempre es motivo de preocupación. Pero el aumento de la productividad a corto plazo compensará rápidamente esa pérdida.

- 2.2.1.3. Formación justo a tiempo

Al introducir un software, las limitaciones temporales a menudo obligan a las empresas y al personal, a seguir asumiendo trabajos de proyectos productivos mientras están aprendiendo a utilizar el nuevo sistema. En estos casos, la formación práctica (lo último en formación justo a tiempo) es una buena respuesta; y también resulta ser un muy buen entorno de aprendizaje. Desarrollar un curso básico y a continuación, completar la formación trabajando en un proyecto real, con apoyo de expertos.

2.2.2. Formación en proyecto BIM. Proyecto Real

Se seleccionó un proyecto en curso de un conjunto de oficinas de geometría ortogonal de 9 plantas con una superficie aproximada de 19.000 m² para utilizarlo como experiencia piloto de la implantación BIM. Este es uno de los elementos clave para el éxito de la implantación. No se recomienda trabajar en el proceso de implantación con proyectos ficticios o proyectos ya elaborados, ya que la presión de la entrega hace, en este caso, que no se desarrollen todas las actividades del proyecto de implantación con la intensidad que merecen.

Los consultores de implantación, participaron como componentes del equipo de proyecto asesorando, formando, corrigiendo y recomendando a los miembros del equipo de Euroestudios, en el desarrollo de cada una de las actividades a realizar.

2.2.3. Redefinición de procesos y procedimientos de trabajo.

Se ha realizado una redefinición de procesos y procedimiento para la elaboración y edición de proyectos. La forma de trabajo BIM varía de forma sustancial a la forma de trabajo habitual. Exige la redefinición de tareas, actividades, roles y responsabilidades. El

procedimiento de reingeniería se ha realizado de lo más general a lo más detallado (Top-Down). Los procedimientos de trabajo para cada disciplina y especialidad, han sido revisados y adaptados a la nueva forma de trabajo.

2.2.4. Formación de BIM Manager

Un elemento clave de éxito en la implantación BIM es identificar y formar a las personas de la organización que realizarán las tareas de BIM manager. Otro aspecto muy importante a tener en cuenta es la modificación de las funciones y responsabilidades de los participantes del proyecto. Surgen nuevas actividades, otras desaparecen y muchas de ellas se hacen de diferente manera y en diferentes momentos a las que habitualmente se estaban haciendo.

2.3 Reingeniería de procesos. Procesos de ejecución de proyectos BIM.

La reingeniería de procesos de ejecución de proyectos se ha llevado a cabo en las áreas de estructuras, instalaciones con el apoyo constante de los equipos de trabajo, especialmente el BIM Manager y los consultores.

En el apartado 2.4.4. Fase 2 y Fase 3 se describen las actividades necesarias para la planificación y puesta en marcha de un proyecto BIM y el esquema general de trabajo.

Debido a que la información relacionada con los procesos de ejecución de arquitectura, estructura e instalaciones son muy extensos, vamos a detallar el que entendemos fue más complejo y enriquecedor para todos los participantes en la reingeniería que fue el de MEP.

Después de una fase intensiva de formación MEP, vino otra de desarrollo del proyecto a nivel de modelado. Para la realización de contenidos específicos MEP, se procedió a un exhaustivo análisis junto a los ingenieros MEP, Fernando Jiménez especializado en mecánica y Carmen Honrubia especializada en electricidad, de los procesos de cálculo integrados.

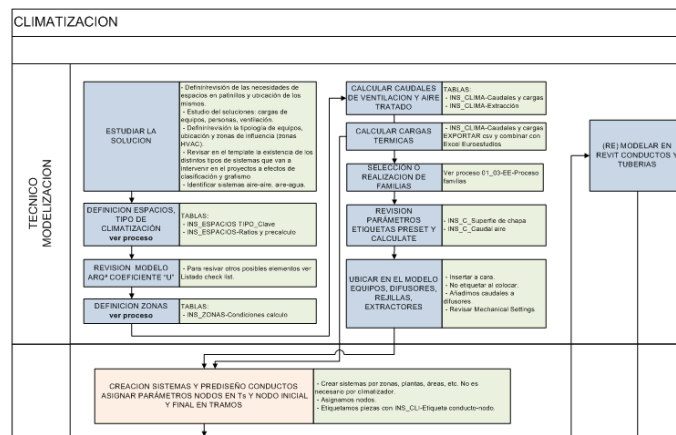


Fig 1. Inicio del diagrama de procesos Climatización. 2012. Euroestudios

A partir del diseño de un diagrama de procesos inicial, se fue mejorando mediante aproximaciones progresivas que incrementaban el análisis, especialmente en los puntos críticos de exportación e importación, relacionados con las actividades de cálculo. Se trataba de que en todo momento el ingeniero incorporara las nuevas herramientas sin distorsionar su modelo de cálculo, obteniendo gracias a Revit MEP, nuevos métodos de prediseño más rápidos gracias a la potencia del BIM.

Name	Level	Service Type	Área bruta	Caudal ext.	Caudal ext. x área	Outdoor Air x Area	Calculated Cooling	C
Por defecto	<Edificio>		0,00 m²	0,0 L/s		0,00 L/s m²		522 W
Plenums	<Edificio>		0,56 m²	0,0 L/s		0,00 L/s m²	No calculado	
Extractor 1	0-BAJA	Ventilación/Aire acondicionado	0,61 m²	0,0 L/s	0,00 L/s m²	0,00 L/s m²	No calculado	
CL-1	0-BAJA	Ventilación/Aire acondicionado	77,95 m²	1215,9 L/s	15,60 L/s m²	15,60 L/s m²		3621 W
Total general: =				1215,9 L/s		15,60 L/s m²		

Planis	Equipo	Nodo Inicial	Nodo Final	Flow	Longitud Equivale	Velocity	Width	Height	NP accesorios
PB	CL-01			50,0 L/s	2,33 m	1,6 m/s	175	175	1
PB	CL-01			Varios vapor	9,44 m	Varios vapor	150	150	1
PB	CL-01			25,0 L/s	0,17 m	1,1 m/s	150	150	1
PB	CL-01			25,0 L/s	0,17 m	1,1 m/s	150	150	1
PB	CL-01			25,0 L/s	0,67 m	1,1 m/s	150	150	1

Fig 2. Vista parcial de Tablas de planificación MEP. 2012. Euroestudios

En resumen se consiguieron realizar tablas de datos base en Revit, que mediante la exportación-importación a Excel, facilitan el remodelado en la herramienta. En algunos casos, como en climatización, la salida de datos ha sido muy precisa pudiendo realizar los cálculos a gran nivel, ya que todas las decisiones del técnico, se consiguieron trasladar completamente a la operativa de Revit.

Antes del inicio de las actividades relacionadas con el cálculo, se revisan todos los elementos necesarios para trabajar en el entorno de BIM MEP, mediante un check list que pasa por las áreas de colaboración, interoperabilidad, base arquitectónica, estructural y bases para las distintas instalaciones.

Modelado	rv-link	Referencias	Niveles	Revisión de alturas de proyecto Revisión de espacios singulares Crear NPT	Prior.	Instalaciones										Conformidad			
						C	F	S	PCI	E	VD	SI	No	NP					
				Rejillas	SI														
		Programa		Usos															
				Orientación	SI														
		Arquitectura		Cerramientos															
				Modelar elementos genéricos															
				Capas, definir aspectos termicos U															
				Tabiquería	SI														
				Modelar elementos genéricos															
				Modelar elementos específicos															
				Suelos	SI														
				Modelar elementos genéricos															
				Modelar elementos específicos															
				Falsos techos	SI														
				Modelar elementos genéricos															
				Modelar elementos específicos															
				Carpintería fachada															
				Modelar elementos genéricos															
				Materiales, vidrio, U															
				Carpintería interior															
				Modelar elementos genéricos															
				Materiales, vidrio, U															
				Cubiertas															
				Modelar elementos genéricos															
				Modelar elementos específicos															
				Mobiliario															
				Modelar elementos genéricos															
				Modelar elementos específicos															
		Estructura		Cimentación															
				Modelar elementos genéricos															
				Modelar elementos específicos															
				Vigas															
				Modelar elementos genéricos															
				Modelar elementos específicos															
				Pilares															
				Modelar elementos genéricos															
				Modelar elementos específicos															
				Cerchas - 3D															
				Modelar elementos genéricos															
				Modelar elementos específicos															
		Infraestructuras		Terreno															
				Modelar elementos genéricos															
				Modelar elementos específicos															
				Urbanización															
				Modelar elementos genéricos															
				Modelar elementos específicos															

Fig 3. Check list de revisión de requisitos BIM. 2012. Euroestudios

En la **disciplina de instalaciones mecánicas** (climatización, PCI, fontanería y saneamiento) a partir del pre diseño de la climatización donde se partía de una definición de los espacios necesarios de salas y patinillos, se definen los espacios y las zonas ayudándose, especialmente, de las tablas de planificación que van a hacer más rápido y eficiente el proceso. Los cálculos de aire que se realizan en Revit, se exportan a hojas de Excel de desarrollo propio de EE, para completar el proceso del cálculo de cargas.

Se importa la información o se introduce a mano según proceda, reajustando y remodelando las familias y los conductos según sea necesario. Con esta información se puede proceder a montar la información específica de la entrega del proyecto como vistas, planos, leyendas y etiquetar los conductos de climatización.

A continuación se realiza en un esquema similar pero más sencillo del esquema de principio y el diseño de centrales de producción. Posteriormente con todos los elementos calculados y correctamente ubicados, se procede a la coordinación con la propia instalación, con el resto de disciplinas, con arquitectura y con estructuras.

Para finalizar se obtendrán a partir de diferentes tablas de planificación, las mediciones y presupuestos (con la ayuda de los plugins correspondientes como Get Cost® de Avatar BIM).

En relación con el proceso de la **disciplina de instalaciones eléctricas** (fuerza, iluminación, red de tierras, voz y datos) se partía de la definición previa de las zonas y espacios en base al programa arquitectónico.

Posteriormente, el ingeniero eléctrico, realiza el análisis sin necesidad de uso de Revit, en base a datos genéricos, es decir la tipología y diseño arquitectónico. A partir de su experiencia, calcula las necesidades de espacios en patinillos y ubicación de los mismos, el estudio del suministro (ratios W/m² y suministro de emergencia, necesidad de Grupo Electrógeno), el estudio del suministro de energías renovables, se definen la tipología de luminarias y/o su ubicación, la tipología de la instalación de fuerza (tipos de tomas, tipo de instalación) y finalmente se definen la ubicación de los cuadros eléctricos y su zona de influencia.

Con toda esta información se procede a completar las actividades de prediseño, selección de familias, la ubicación de las mismas y la revisión de tablas de planificación. Los datos obtenidos son la base para el cálculo, las exportaciones a Excel y gbXML (para Dialux) e importaciones para redimensionar los sistemas. En este punto, se procede, a completar las vistas con las etiquetas, leyendas y textos y entregar los planos definitivos.

2.4 Plan de implantación.

Basado en la metodología el plan de proyecto y la Guía del PMBok [1] el plan de proyecto se subdivide en cuatro grandes actividades:

- Formación básica.
- Formación en proyecto BIM.
- Redefinición de procesos y procedimientos de trabajo.
- Formación de BIM Manager

2.4.1 Plan de proyecto. Alto Nivel.

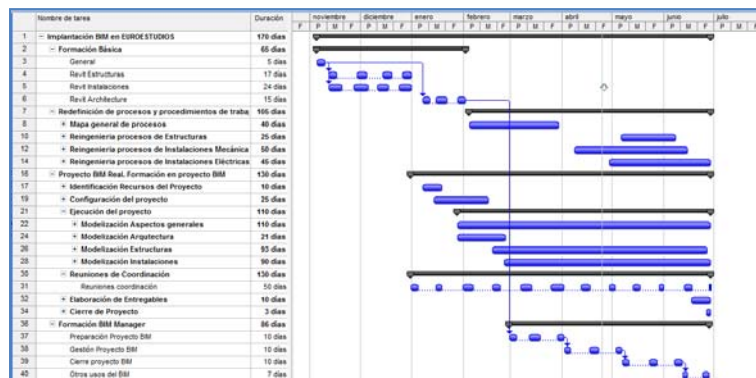


Fig 4. Plan de Proyecto Implantación BIM Euroestudios. 2012. Avatar BIM

2.4.2 Planificación Formación Básica

El objetivo de la formación en Euroestudios, fue obtener un conocimiento de las herramientas principales de diseño, modelado, análisis y cálculo de Autodesk Revit Structure y Revit MEP y por tanto llegar a ser capaces de crear un primer proyecto de estructuras e instalaciones básicas modelando los principales elementos, creando familias, dentro del nuevo marco que la plataforma Revit nos presentaba para el montaje del proyecto.

La duración de la formación fue:

- 2 sesiones de 5 horas (10 horas) Introducción a Revit en la que se realizó una inmersión y visión general de las herramientas Revit.
- 5 sesiones de 5 horas (25 horas) de Iniciación y Revit Structure
- 4 sesiones de 5 horas (20horas) de Revit Architecture
- 15 sesiones de 5 horas (75 horas) para Revit MEP.

2.4.3 Planificación Redefinición de procesos y procedimientos de trabajo

Una vez que el equipo identificó como la implantación BIM modificaba la forma en que tienen que trabajar se llevó a cabo un procedimiento de mapeo de procesos de planificación de trabajo con BIM. En un principio, se realizó un mapa de alto nivel que muestra la secuencia e interacción entre las principales disciplinas involucradas en el proyecto.

Esto permite que todos los miembros del equipo entiendan claramente cómo sus procesos de trabajo interactúan con los procesos realizados por otros miembros del equipo.

Después de que el mapa de alto nivel se desarrolla, a continuación, los mapas de proceso más detallado deben ser seleccionados o diseñados por los miembros del equipo responsable de cada disciplina determinada (Estructuras, Instalaciones Mecánicas, Instalaciones eléctricas, etc.)

2.4.4 Planificación del primer proyecto. (Formación en proyecto BIM)

El plan de proyecto primer proyecto (denominado piloto) constaba de cinco fases principales:

• **Fase 1. Identificación recursos del proyecto.** Consiste en la realización de las actividades requeridas para obtener los recursos materiales y humanos necesarios para la realización del proyecto:

- Configuración infraestructura de hardware,
- Identificación de necesidades software. No sólo se contempló las necesidades de Revit, sino también las necesidades de interacción con las herramientas de cálculo de Euroestudios
- Establecimiento de la infraestructura de comunicaciones.
- Identificación y selección de personal con capacidad y conocimientos necesarios para satisfacer las necesidades del proyecto.
- Identificación de los principales intervinientes del proyecto.

• **Fase 2. Configuración del proyecto.** Consiste en la realización de las actividades para poder comenzar a desarrollar el modelo.

Se compone de las siguientes subtareas:



- Recopilación de Datos y especificaciones del cliente. Criterios de diseño. Reunión entre los intervinientes del proyecto para recopilar los requerimientos de cliente y definir y coordinar los criterios de diseño.
 - Planificación del proyecto. Plan orientado a los entregables del proyecto.
 - Preparación del proyecto. Sus principales actividades o sub- tareas son:
 - o Describir entregables (SD/DD/CD), Definición de tareas por bloques, Definición procedimientos, Establecimiento del equipo de proyecto. Generación de formato de entregables. Generación de lista de entregables. Estructurar el proyecto (parámetros y valores posibles de vistas y planos). Generar vistas y niveles. Identificar información de categorías. Generar parámetros de datos. Generar tablas de planificación. Generar etiquetas.
 - Definición de la estrategia de modelización. Establecimiento y acuerdo sobre la estrategia de modelización
 - Establecimiento del Modelo. Se identifica la organización y el trabajo en un entorno multiusuario. Se establecen los enlaces. Se definen los subproyectos, se establece el proceso de trabajo integral
 - Selección de familias. Se establecieron criterios para homologar familias antes de que pasasen a formar parte del fichero de familias homologadas por la empresa
 - Definir parámetros de representación. Importación de los estándares de la empresa.
- **Fase 3. Ejecución de proyecto.** Es la fase de diseño y modelado. Sus principales subtareas son:
- Modelización general. (Aplicables a las tres disciplinas). Cuyas principales tareas son:
 - o Definir nivel de detalle (en relación a esto, en determinados concursos internacionales, se aporta un checklist, que define la calidad del proyecto a entregar y por tanto los honorarios del mismo). Posicionamiento del modelo, Definir listas de elementos a modelar, Generar y/o seleccionar familias, Definir filtros de vistas, Generar filtros de vistas, Aplicar filtros de vistas, Generar plantillas de vistas , Aplicar plantillas de vistas, Modelar, Montar vistas en los planos, Montar tablas de planificación en planos, Ordenar y limpiar planos
 - Modelización de arquitectura. (Tareas específicas). Modelado de:
 - o Conjunto, Parcela, Fachadas, Tabiquerías, Carpinterías, Muros cortina, Suelos, Techos, Cubiertas, Rampas, Escaleras, Barandillas y Mobiliario.
 - o Elaboración Tablas de planificación
 - Modelización de estructuras. (Tareas específicas). Modelado de:
 - o Cimentación, Muros, Pilares, Armados, Vigas, Forjados y Suelos.
 - o Cálculos de la estructura.
 - Modelización de instalaciones. (Tareas específicas).
 - o Precálculos de instalaciones,
 - o Modelado de instalaciones, (Clima, Fontanería, Saneamiento, Sistema contra incendios, Control, Electricidad, Iluminación, Voz/Datos, Instalaciones/Especiales.)
 - o Cálculos de instalaciones.

- Coordinación de equipos multidisciplinares. Cuyas principales tareas son:
 - o Reuniones de coordinación entre equipos y con el cliente.
 - o Chequeo de errores e interferencias en el modelo integrado.
 - o Establecimiento de acciones correctoras
- **Fase 4 Elaboración de Entregables**. La creación e impresión de los entregables del proyecto. Sus principales tareas son:
 - Generar vistas de exportación,
 - o Definir estándar de exportación y
 - o Generar exportación para copias digitales.
 - Definir colecciones (Tener en cuenta tamaño papel),
 - o Lanzar a impresora
 - o Papel electrónico (PDF)
- **Fase 5 Cierre de proyecto**. Las principales tareas son:
 - Archivado de datos,
 - Actualización ficheros de la empresa. (Familias, parámetros, etc.).

2.4.5 Planificación Formación de BIM Manager

Se centró en cómo planificar, organizar y controlar proyectos BIM complejos, mostrando las herramientas necesarias para minimizar riesgos y crear nuevas oportunidades de negocio y haciendo hincapié en las habilidades y competencias necesarias que debe tener un buen director de proyectos BIM.

El contenido de la formación para BIM manager fue la siguiente:

- **Preparación Proyecto BIM**. Organización logística. Organización del equipo del proyecto. Información clave de proyecto. Organización del navegador del proyecto. Organización de las vistas y planos del proyecto. Entorno de trabajo compartido. Fases en la implantación BIM. Estrategias de modelado de proyectos
- **Gestión Proyecto BIM**. Objetivos de proyecto BIM. Usos BIM. Mapa de procesos BIM. Intercambio de Información BIM. Recomendaciones para una implantación exitosa. Casos de Estudio. Gestión Interferencias entre Submodelos. Gestión Riesgos de Proyecto. Gestión incidencias del proyecto. Monitorización del proyecto
- **Cierre proyecto BIM**. Cierre del proyecto. Ciclo de vida del modelo. Lecciones aprendidas
- **Otros usos de BIM**. Gestión de Concursos con BIM. Gestión de obras con BIM. Otros usos de BIM

2.5 Proyecto BIM Real: Metro de Doha (Qatar)

Para la realización de este proyecto se tuvieron en cuenta todos los procesos diseñados previamente en la fase de implementación. En concreto el proyecto consistía, en la redacción completa de un proyecto de estructuras de 6 estaciones de metro en Doha, Qatar, a realizar en 2 meses.



Fig 5. Portada proyecto estación de metro en Doha. 2012. Euroestudios

El equipo de trabajo estaba organizado por 1 BIM Manager general, 3 calculistas proyectistas BIM, 2 operadores BIM uno especializado en detalles constructivos, y 3 modeladores, uno asistente del BIM Manager.

Para poder cumplir con los plazos de entrega, se organizó la metodología basándose en una plantilla de proyecto de estación a partir de la cual, el montaje, el grafismo, las presentaciones, los elementos estructurales (contenidos), estaban definidos en un grado muy avanzado. En esta plantilla inicial también se sentaron las bases de organización de las vistas, los subproyectos, las fases y los criterios de control de niveles y localización del proyecto. Este último punto fue de especial importancia, debido al constante replanteo que había de los niveles. Estos cambios constantes, estaban propiciados por la complejidad de la ubicación del proyecto en el subsuelo de una ciudad existente, además de una enrevesada red de infraestructuras urbanas y edificios colindantes.

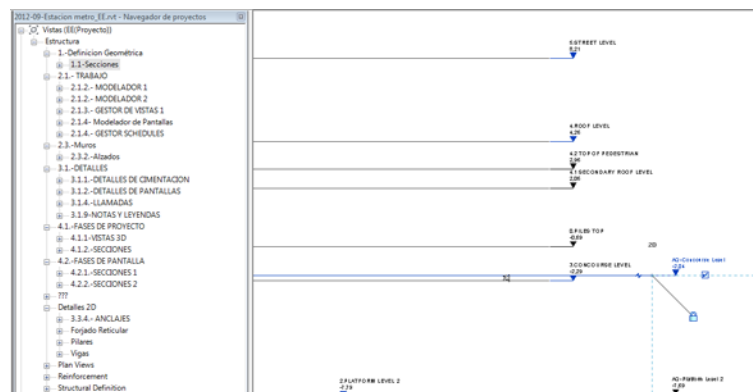


Fig 6. Vista de alzado de control de niveles. 2012. Euroestudios

Uno de los aspectos más interesantes a destacar es la inclusión en la plantilla base de cada una de las estaciones, de un completo esquema de trabajo basado en los subproyectos, de un navegador de vistas completamente definido para el trabajo de los diferentes roles, así como, toda la librería de elementos constructivos definidos con un criterio muy definido.

En el momento en el que se procedía a modelar, no se tenían los resultados de cálculo, por lo que la ubicación de los muros era minuciosamente estudiada, así como las losas estructurales. Una vez conocido el cálculo, se redimensionaban fácilmente estos elementos.

De igual manera las escaleras absorbían con facilidad los constantes cambios de niveles que venían por parte de la propiedad. El modelo se ponía en constante prueba y la productividad era elevada, si bien, como en todo proyecto BIM, el inicio es aparentemente más lento, pero en realidad es acumulativo y a partir de un punto determinado se produce un cambio de tendencia en la productividad que se acelera hasta unos ritmos impensables hace tiempo.

Todas las vistas estaban montadas, con una completa selección de filtros y los planos completamente terminados. Solo una de las estaciones, requirió de una revisión importante de esta plantilla debido al tamaño de la misma, que era el doble que las demás.

A nivel de los detalles constructivos, se realizaron una completa gama de componentes y familias que facilitaron las labores de los operadores, pudiendo traspasar los resultados de los armados de los cálculos con fluidez.

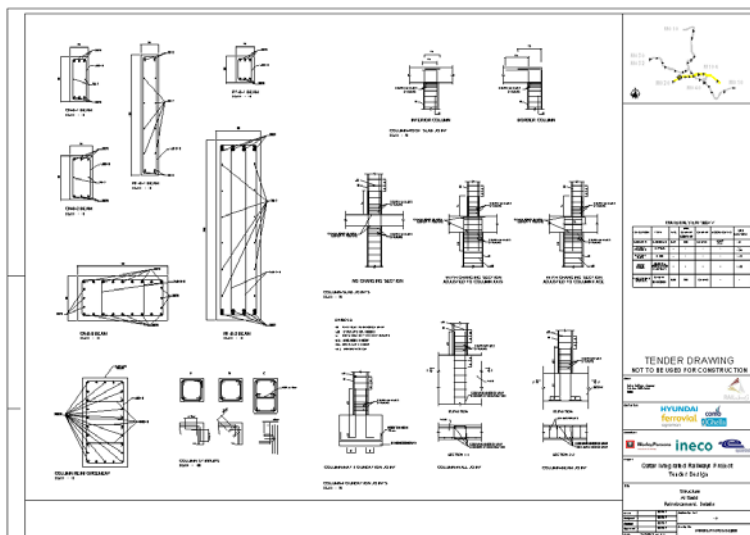


Fig 7. Plano de detalles de armados. 2012. Euroestudios

Gracias a la funcionalidad de las fases se pudo montar una serie de planos del proceso constructivos en las fases más críticas de la obra:

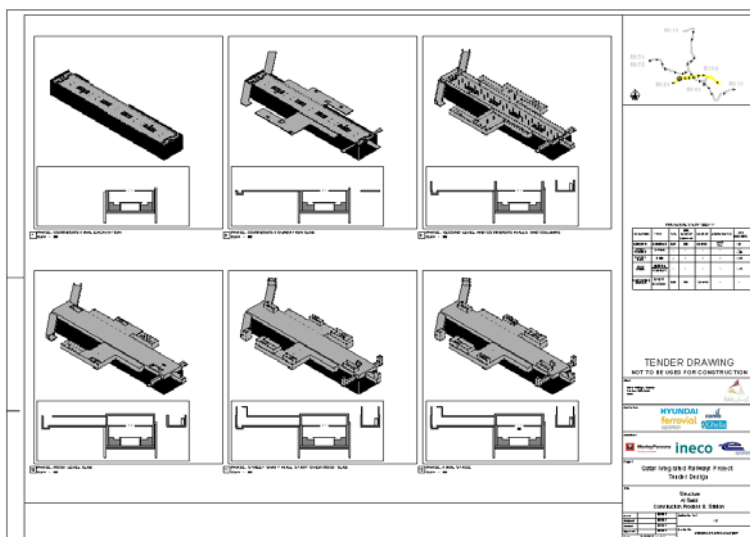


Fig 8. Plano de fases constructivas. 2012. Euroestudios



3 CONCLUSIONES

En los inicios del trabajo real, es básico ver resultados y contar con una consultora como Avatar, que sea capaz de disipar todas las dudas que surgen en la viabilidad del programa en relación a las formas de trabajo. Esto es debido a que el desasosiego, se hace residente entre los miembros de cada equipo de trabajo, durante las fases intermedias de la implantación, por comparación a las herramientas de producción antiguas. Siempre surgen comentarios en detrimento de la nueva herramienta, a favor de los sistemas de producción tradicionales, muchas veces avalados por la falta de conocimiento en el nuevo sistema de producción.

Una regla cardinal, es abordar hitos a corto plazo y alcanzables. No intentar abordar la amplitud de las aplicaciones, puesto que existen conceptos que no son inmediatos y que hay que arraigar antes de plantearse metas futuras. De esta forma, se vence la resistencia al cambio por parte de usuarios. Evidentemente todas las decisiones de la implantación, tienen que estar avaladas por los responsables de la compañía, que deben actuar de forma activa en esta tarea.

Sobre la preparación inicial, que adquieren las personas implicadas en la implantación, se aloja la semilla de distribución de conocimiento que impregnará al resto de los miembros. En relación a esto, el BIM manager, imparte charlas internas sobre la visión general del paquete de programas BIM, así como, tutoriales temáticos sobre temas concretos.

El camino es duro, arduo, y genera unos costes altos, en tiempo y dedicación de recursos, pero el resultado final, hace olvidar los sinsabores del recorrido realizado. Los momentos de crisis y parón de la producción, pueden ser la excusa para formarse y reinventarse, con el fin de estar posicionado de forma adecuada, con respecto la competencia, "a la salida del túnel".

Sin la ayuda de una consultora externa, con experiencia en el tema, la implantación, se complica, puesto que no se trata de adquirir el conocimiento en una herramienta, sino una filosofía nueva de sistema de trabajo. Con este tipo de tecnología, se abre un apasionante mundo en constante evolución que hace que los proyectos tengan un valor añadido, difícil de alcanzar hasta ahora.

En lo relacionado con la generación de documentación y procesos son de vital importancia, ya que la reutilización de este tipo de contenido es exponencial debido a la naturaleza relacional del BIM, y por lo tanto no solo permite arrancar los proyectos con una estructura de datos completísima sino que los nuevos proyectos aportan soluciones que incrementan la consistencia de la BBDD. La reutilización de documentos dentro del proyecto y a posteriori es constante especialmente las tablas de planificación, los detalles constructivos, las leyendas, las etiquetas, los listados de materiales y elementos constructivos, etc.

4 REFERENCIAS

- [1] Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®) Tercera Edición 2004 Project Management Institute, Four Campus Boulevard, Newtown Square, PA 19073-3299 EE.UU.



BIM IS NOT ENOUGH - Entornos Convergentes

Autor: Fernández Usón, Tono⁽¹⁾

(1) Arquitecto socio IDOM-ACXT. Director de innovación en arquitectura de IDOM-ACXT.
jfu@idom.com / jfu@acxt.net

RESUMEN

La conclusión tras unos años de experimentación con BIM en IDOM es los problemas encontrados en la implantación no tienen su origen en las limitaciones del software sino en el modo en que lo implantamos. Durante estos años hemos concebido el BIM indistintamente como herramienta¹ y como proceso², pero cuando nos hemos anclado en la primera acepción, no hemos sido capaces de implantar la herramienta incluso en su modo más básico.

BIM es efectivamente una plataforma de software, y como tal es una herramienta; pero es una herramienta capaz de abarcar todo el ciclo de valor de una herramienta: *generar-producir-comunicar*. Cuando una herramienta es capaz de abarcar todo el ciclo, se transforma naturalmente también en un *proceso*.

Por ello, es esencial acercarnos al BIM también como un *proceso* innovador *generado por una gran herramienta disruptiva*, capaz de transformar - con independencia de que lo queramos o no - nuestras estructuras de producción. De otro modo, no seremos capaces de comprender en profundidad *por qué* está siendo capaz de afectar a toda la cadena de valor de la arquitectura. Este acercamiento no nos asegurará el éxito en su implantación, pero nos permitirá comenzar con buen pie el *salto cultural* que supone.

1 INTRODUCCIÓN

La ponencia es resultado de la colaboración entre VECTOR e IDOM, compañías de capital 100% español. Ambas empresas, en plena expansión y con una dilatada trayectoria en el mercado nacional e internacional, mantienen un acuerdo de colaboración para desarrollo e implantación de proyectos de consultoría tecnológica tanto para IDOM, como para clientes externos.

IDOM implantó un sistema BIM en un proyecto por primera vez a finales del año 2006. Desde entonces, se han desarrollado más de 20 proyectos con BIM, actualizando y completando la plataforma constantemente. La experiencia acumulada en estos siete años nos ha permitido comprender las consecuencias que su uso tienen en nuestro sistema organizativo. Sobre este conocimiento se propone un modo alternativo de acercamiento al BIM, con la esperanza de que los equipos que se están planteando la implantación no repitan los errores de los que ya la hemos comenzado hace tiempo.

¹ *Proceso* según la RAE: 3. Conjunto de las fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación artificial.

² *Herramienta* según la RAE: 1. Instrumento, por lo común de hierro o acero, con que trabajan los artesanos.



Este tipo de plataformas son comunes desde hace decenios en campos como la ingeniería aeronáutica y la automoción, en los que el tipo de producto condiciona una cadena de producción para la que la precisión es esencial; pero en el mundo de la arquitectura es algo relativamente novedoso. Aprender a manejar una herramienta de software es sólo cuestión de tiempo, y no tiene por qué superar un par de meses. Pero implantar un proceso implica un cambio profundo en nuestros modos de hacer, un salto cultural, que necesita varios años para ser llevado a cabo. El objetivo de la ponencia es incidir en la necesidad de entender el BIM como un *proceso* del que deriva un cambio de cultura de profundo calado.

La ponencia parte de la definición de la plataforma, para exponer posteriormente las fases del proceso sobre las que se aplica el BIM, las consecuencias positivas y negativas de la implantación, las dificultades y soluciones halladas y el esquema de desarrollo futuro de la plataforma. Sobre esta base de trabajo se propone un marco alternativo de análisis que nos permita comprender las consecuencias que el uso del BIM tiene en nuestro entorno de trabajo. Finalmente se plantea brevemente el futuro de la plataforma y los modos de trabajo que se derivarán de su evolución, cuando se transforme en lo que puede llegar a ser.

2 CONTENIDO

2.1. Bases de partida

Definición de la plataforma

El inicio de la implantación en las diferentes oficinas de IDOM comienza con una definición que permita establecer el marco de trabajo.

Para IDOM, BIM es un “*proceso enfocado al desarrollo, uso y transferencia de información digital en un proyecto de edificación basado en la generación de un modelo informado permanentemente alimentado desde el diseño hasta el final de la vida útil del edificio. El objetivo de su uso es mejorar los procesos de diseño, construcción y operación del edificio*”.

De la definición se deducen algunas consecuencias que el BIM tendrá sobre el proceso global de la edificación:

- BIM-BANG: El BIM explosiona el sistema de castas de la edificación, *disolviendo los límites* que hasta ahora se daban por supuesto entre disciplinas, perfiles profesionales y actividades: el arquitecto se transforma un poco en constructor –no se dibujan líneas, sino objetos- y el ingeniero en diseñador –si se vinculan dibujo y cálculo; el arquitecto técnico participa activamente en la definición de los componentes, obteniendo si lo desea mediciones directamente del modelo y pudiendo vincularlo el presupuesto (5D); el Project manager se acerca al equipo de diseño al vincular modelo 3D y planificación (4D); el constructor está obligado a preocuparse por la calidad, puesto que el rigor y la coherencia del modelo eliminan el número de posibles precios contradictorios en obra; el cliente puede formar parte del proceso de diseño, puesto que el modelo 3D es más sencillo de entender que un plano en 2D; el proyecto-objeto 3D se prolonga en la obra y está en el mantenimiento (6D)
- BANG-BIM: El BIM hace implosionar el sistema de obtención, introducción y clasificación de la información del proyecto, concentrándola en un modelo común. Reduce la

dispersión de la información y se convierte en la *herramienta natural de convergencia*³ de todo el proceso edificatorio, algo absolutamente necesario en un entorno de elevada complejidad.

La combinación de ambas es capaz de transformar tanto las estructuras de trabajo como el modo con el que nos referimos a algunas de sus estructuras. Así, se comienza a definir el equipo de proyecto no como un grupo de perfiles que conviven necesariamente: “el arquitecto”, “el ingeniero”... sino de un IDPT (Integrated Delivery and Project Team) capaz de abordar integralmente todo el proyecto.

Fase de aplicación de BIM sobre el que se basa la experiencia.

Entendido como software, BIM no deja de ser una herramienta más utilizada dentro del proceso de desarrollo de un proyecto. En este caso, IDOM ha utilizado la herramienta de software *Revit* como base de la plataforma BIM.

Como puede apreciarse en el cuadro inferior, BIM has sido integrado hasta el momento desde la finalización del Proyecto Básico hasta el comienzo del Proyecto Ejecutivo, lo que en un proyecto de tamaño medio no supone más del 35% del tiempo de desarrollo del proyecto.

Inicialmente se desarrollaron con poco éxito experiencias puntuales de implantación en las fases de Anteproyecto y Proyecto Básico. Sin embargo, la rigidez del programa y el escaso atractivo visual del modelo proyectado sobre la pantalla o imprimido, obligaron a desechar inicialmente el BIM como herramienta generativa, para centrarlo en la producción pura de información sobre la base de un Proyecto Básico definido en todas las disciplinas. Pero la evolución de la plataforma invita a intentarlo de nuevo.

A partir de la escala 1:50, el peso de los archivos ha impedido el desarrollo de detalles en el software BIM. Pese a ello, se han desarrollado detalles en 3D con softwares mochilas de la plataforma similares a los softwares de diseño industrial.

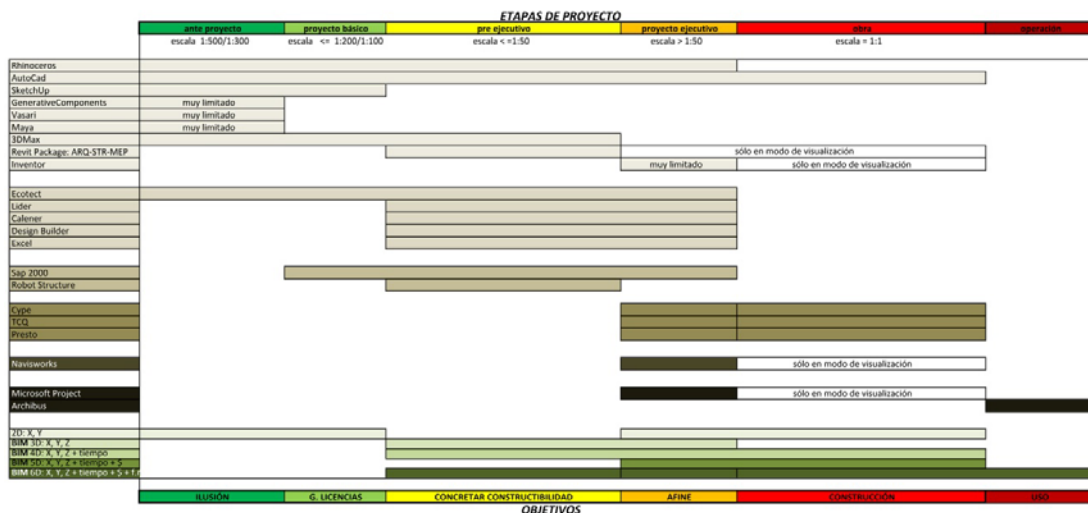


Fig 1. Cuadro de software utilizados en un proyecto de edificación en IDOM, 2013. Fuente: IDOM

³ *Convergencia* según la RAE:

1. Unión de una o más cosas que confluyen en un mismo punto.
2. Confluencia de una o varias ideas o tendencias sociales, económicas o culturales.

Cabe destacar que el hecho de que IDOM sea una estructura pluridisciplinar que aborda de manera integral los proyectos facilita el proceso de implantación. Pese a que existen y han existido dificultades importantes, esta inicial adecuación entre estructura organizativa del equipo y características del BIM simplifican enormemente su gestión.

Consecuencias de la implantación del BIM:

No todas las experiencias han resultado positivas; en algunos casos, incluso se ha abandonado el uso de la plataforma en mitad del proceso de proyecto. En cualquier caso, las consecuencias de la implantación han sido en su mayor parte beneficiosas tanto desde la calidad del producto final entregado al cliente como desde la calidad de vida del equipo de trabajo.

Algunas de estas consecuencias positivas han sido:

- Reducción de los tiempos de ejecución, equipo y coste de producción.
- Mayor implicación de los técnicos en áreas hasta el momento parcialmente desconectadas: transformación del arquitecto en constructor y del ingeniero en diseñador.
- Reducción del trabajo de gestión por parte del director del proyecto.
- Eliminación sensible de incongruencias entre disciplinas, especialmente reduciendo las habituales colisiones entre arquitectura, estructuras e instalaciones.
- Reducción de los modelos 3D a desarrollar.
- Incremento del nivel de perfil profesional de los técnicos.
- Mayor velocidad en los cambios de proyecto, dada la parametrización del sistema.
- Eliminación de vacíos de información.
- Redefinición de las actividades realizadas en el proyecto, obligando a una mejor planificación de las mismas.
- Evaluación constante y automática del modelo en todas las disciplinas.
- Conciliación de objetivos entre los distintos profesionales: un único modelo, un único objetivo.

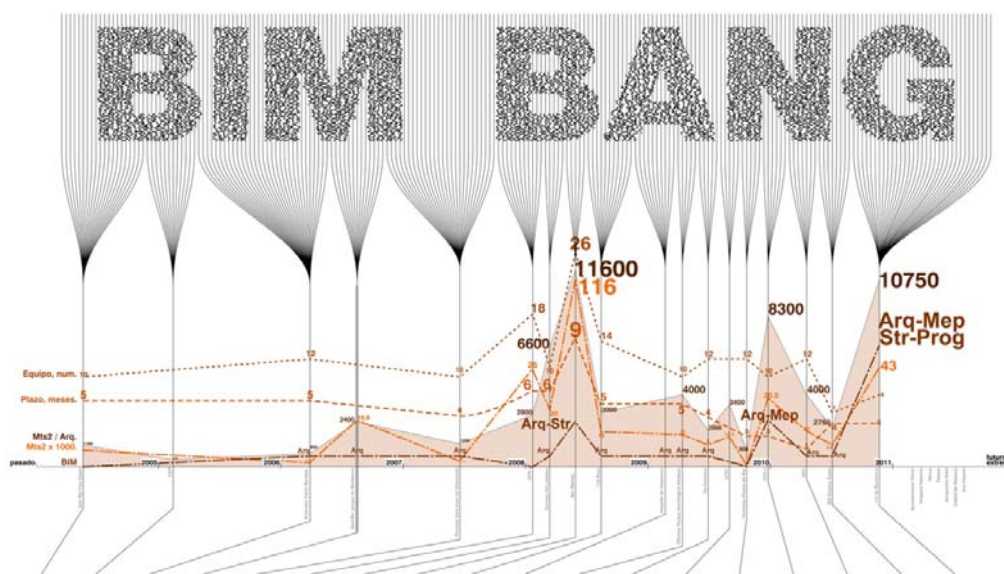


Fig 2. Gráfica de relación entre superficie de los proyectos y número de arquitectos participantes en IDOM, 2010. Fuente: IDOM

Entre las negativas, cabe destacar:

- Dificultad para mantener el grado de ilusión del equipo respecto de la calidad del proyecto dado el perfil esencialmente técnico del programa.
- Dificultades puntuales con la interacción de los distintos softwares de la plataforma.
- Ralentización del periodo de visualización del proyecto una vez superado el Proyecto Básico.
- Dificultad para comprender las implicaciones de la utilización del BIM en la programación de los hitos del proyecto y por lo tanto para definir el alcance del BIM: disponer de un buen software y saber cómo usarlo no asegura el éxito. Es necesario planificar la implementación individualmente para cada proyecto teniendo en cuenta el alcance esperado, el perfil personal y profesional de los participantes y los hitos de entrega. El proceso de implantación de BIM es diametralmente distinto para un mismo proyecto si se modifica el alcance deseado.

Algunas de las consecuencias negativas han sido resultado del insuficiente desarrollo de la plataforma. Pero prácticamente en cada versión del software se producen mejoras sensibles en la visualización, los sistemas de interacción entre los programas y la versatilidad y sencillez de manejo de la herramienta -desplazando su uso hacia la fase de generación de ideas del software hacia una mayor versatilidad y permitiendo así implantarla desde el origen del proceso-, por lo que el futuro es esperanzador,

Dificultades encontradas en la implantación:

Los inconvenientes derivados del grado de evolución del software son sencillos de corregir, y dependen del ritmo del desarrollo de los fabricantes. Al igual que sucede con muchos productos en otros campos de la actividad humana, las empresas fabricantes de software BIM -responsables a su vez del desarrollo- son las mismas que obtienen beneficios por otros exitosos softwares a los que el BIM naturalmente sustituye. Este hecho permite que los productos incrementen tanto su vida útil como los beneficios que generan, pero no contribuye a acelerar salida al mercado de soluciones ya concebidas y desarrolladas, que se quedan en los cajones esperando el momento estratégico adecuado para su lanzamiento.

Una vez analizado el proceso de implantación con rigor, las mayores dificultades se han encontrado en los prejuicios que se asocian a la plataforma, es decir, en la actitud de los intervinientes en el proceso, como son:

- Pensar que BIM debería resolverlo todo; pero *“BIM is good, no God”*. La consecuencia habitual es desistir porque por el momento el software no hace todo lo que “debiera” dado su potencial. Este razonamiento tiene que ver tanto con la natural pereza que genera replantear nuestro modo de producir como con un cierto miedo a perder el control sobre el proceso y el producto que finalmente entregamos al cliente.
- No medir bien los riesgos, tratando de que la plataforma abarque más de lo que actualmente puede ofrecer con un mínimo de seguridad. Creer que actualmente BIM vale para todo el proceso, en toda la cadena de valor, es asumir un riesgo innecesario, puesto que la mayor parte de clientes no valoran el uso del BIM en grados superiores a la mera construcción en 3D. Intentar actualmente vincular dibujo 3D y cálculo, o hacer extensiva su aplicación al inicio del proceso y el desarrollo de detalles constructivos, cuando hay un cliente de por medio, es comprar boletos para la lotería del fracaso.

- No ser crítico con las expectativas generadas por el distribuidor. Es conveniente testar mínimamente la plataforma y rodearse de formadores con experiencia.
- No realizar la implantación por el tiempo que se pierde en formación. La experiencia demuestra que cuando el equipo es el adecuado y el proyecto está bien dirigido el tiempo que se dedica a formación se compensa con la reducción de tiempo que hay que dedicar a tareas que en BIM son innecesarias. Habitualmente, lo que se pierde en formación se gana en sinergias.
- No estudiar bien los diversos softwares que rodean a la plataforma base,
- Vender a los clientes que el BIM reduce radicalmente el tiempo de producción. Efectivamente reduce el tiempo en la fase de Proyecto Pre-ejecutivo, pero no necesariamente la de concepción y la del desarrollo de detalles.
- Minusvalorar de la figura del BIM Manager. Un BIM Manager puede tener unos ciertos conocimientos de la lógica de la computación y del software BIM elegido, pero si no ha tenido trato directo con el cliente o desconoce los procesos de desarrollo de un proyecto o de una obra de edificación, no será capaz de organizar el proceso adecuado para cada proyecto. No se trata de un delineante avezado, sino más bien de un director de proyectos con cara y ojos con sueldo acorde con el perfil.
- Por último, el miedo y la pereza, que afectan indistintamente a todos los participantes en mayor o menor grado, porque la implantación supone un esfuerzo para todos y en algunos casos no se perciben los beneficios con claridad: el arquitecto tiene miedo a perder el control y a que se rigidice formalmente el proyecto; el becario no puede construir en BIM, así que no le queda más remedio que “pasar por obra” lo antes posible; el ingeniero, cómodo en su papel de prescriptor objetivo dependiente de las exigencias del arquitecto, no ve claro eso de “ser también responsable del diseño”; el constructor – dispone de una herramienta que no permite la existencia de vacíos de información o de incoherencias importantes, por lo que su negocio se desplaza desde la búsqueda de precios contradictorios hacia la de la precisión y la calidad. Tan sólo los actores a los que habitualmente les preocupa la existencia de desviaciones presupuestarias, y por lo tanto la precisión, tales como el arquitecto técnico (quantity surveyor), el project manager y el cliente, acostumbran a sentirse cómodos en el cambio de paradigma.

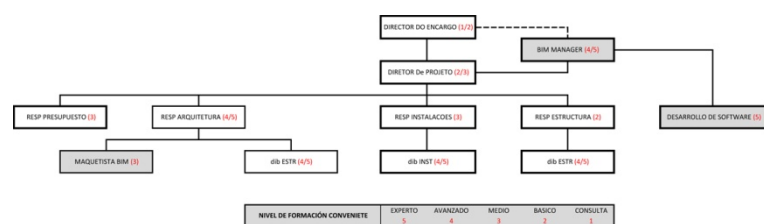


Fig 3. Organigrama básico de equipo y niveles de formación recomendados para una implantación BIM en IDOM, 2011. Fuente: IDOM

En el presente momento y en nuestro país, para asegurar un cierto éxito en la implementación, existen al menos dos condiciones necesarias, sin las cuales es complicado tener éxito:

- Que exista una *necesidad*, ya sea interna (generalmente vinculada a la innovación, y por lo tanto bastante poco habitual) o externa (una exigencia de cliente, algo también inhabitual en este campo hasta el momento). BIM implica un cambio cultural, y es exigente desde el punto de vista tanto profesional como personal para el equipo que se



embarca en la implantación. Requiere unas buenas dosis de ilusión, perseverancia y fe en los resultados; sin estas condiciones, posiblemente el proyecto fracase si no hay una exigencia perentoria. El hecho de que a las empresas españolas no nos quede más remedio que salir a un exterior en el que a menudo se exige algún tipo de software BIM puede ser una condición necesaria y suficiente para la implantación.

- *Que se entienda el BIM como un proceso con su propia lógica, y no tan sólo como un grupo de herramientas.* Esto permitirá redefinir los perfiles técnicos, herramientas complementarias, plazos y especialmente alcance de la implantación en cada proyecto. Para no incurrir en sobrecostes de difícil justificación es necesario definir claramente para qué estamos implantando la plataforma, es decir, qué esperamos nosotros de ella y qué espera el cliente.

Fases de la implantación:

La transformación cultural implica la necesidad de pensar de otra manera, con otras estructuras mentales. Con el paso del tiempo las actitudes hacia la implantación han ido variando, detectándose hasta el momento cuatro fases claramente diferenciadas:

1. *2006. Identificación del BIM como mejora del proceso y diferencia competitiva:* Se comienza a trabajar sin apenas formación, y se identificaron algunas de las limitaciones de la plataforma.
2. *2007-2008. Escepticismo. Los miedos enfrentados:* Pese al esfuerzo inicial y aun reconociendo las limitaciones del sistema, las personas que lo han utilizado desean continuar con él, planteando la necesidad de una formación más específica. Las que no lo han utilizado se centran en los problemas y en todo lo que la plataforma debería hacer y no hace para evitar utilizarla.
3. *2009-2011. Control del alcance y análisis de riesgos:* se identifica con claridad el objetivo de la implantación orientada a cada proyecto de modo específico. Se controla el proceso al entender BIM como un proceso complejo.
4. *2012-actualidad. Optimismo general:* Se comprende que cada proyecto lleva aparejado un proceso de implantación específico. Se deja de asociar el BIM con el riesgo.

Desarrollo futuro de la implantación:

Tras las experiencias acumuladas, el plan de desarrollo de la implantación de BIM en IDOM se concreta del siguiente modo:

Corto plazo (2013):

- Llevar el BIM al proceso de generación, desarrollando un proyecto a nivel de anteproyecto y proyecto básico, estudiando los vínculos con los programas de simulación energética, acústica, etc. La principal preocupación es la rigidez del programa en una fase en la que lo que se necesita es generar ilusión y la precisión está en un plano secundario.
- Vinculación de softwares que afectan a otras disciplinas-áreas técnicas, como ingeniería civil, ingeniería industrial y análisis avanzados.
- Desarrollo completo de los detalles constructivos del proyecto de ejecución en 3D: Hasta el momento se han desarrollado detalles parciales, habitualmente los más representativos de cada proyecto, pero no se ha abarcado todo el alcance del proyecto de ejecución, por lo que se sigue pasando por 2D.



Medio plazo (2014 o antes, y sobre la base de experiencias pasadas):

- Selección e implantación progresiva de los programas vinculados con cálculo.
- Desarrollo de los vínculos con softwares presupuesto (5D).
- Desarrollo de los vínculos con los softwares de Facility Management (6D)
- Vinculación con softwares de cálculo (7D): acústica, eficiencia energética, viento, estructuras, instalaciones. Establecer claramente el sentido y los límites de cada uno.

En términos generales, existen *tres objetivos principales*:

- *Consolidación* del BIM en todas las oficinas geográficas.
- *Integración* progresiva de la plataforma: Eliminar los "saltos de software" que no sean estrictamente necesarios, de modo que el proceso sea más fluido.
- *Simplificación* de la plataforma reduciendo el número de softwares utilizados.

2.2 Marco alternativo de análisis:

Inicialmente el BIM nace como una herramienta, pero al abarcar toda la cadena de valor del proceso de aplicación, se transforma en sí misma en un proceso. Es por lo tanto una herramienta disruptiva -como lo fueron el telescopio para la cosmología, el microscopio para la ciencia química o el submarino para la biología marina- capaz de hacernos ver la realidad de nuestra técnica desde otra perspectiva y por lo tanto, de incorporar con su utilización, casi accidentalmente, innovaciones en todo el proceso. Esta característica de aparente accidentalidad es común en todas las herramientas disruptivas, puesto que cuando son diseñadas, a menudo el propio diseñador no es consciente de su potencial.

Pero, ¿cómo puede una herramienta producir cambios estructurales en todo un proceso, del que la herramienta sencillamente forma parte? ¿Cuáles son los cambios estructurales que produce y por qué se producen?

Para abordar la cuestión podemos intentar aceptar que una herramienta puede convertirse en una innovación. Esto nos permite analizar el alcance de la afectación desde una perspectiva más amplia, sobre un sencillo esquema de innovación en producto, también utilizado habitualmente en la concepción de modelos de negocio: la definición de nuestro negocio a partir del análisis de *que, como, por qué* hacemos lo que quiera que hagamos.

A la luz de este esquema se advierte, casi sin querer, que por sus especiales características el BIM es capaz de modificar tanto el resto de los "como" como la percepción de "qué" hacemos y "por qué" lo hacemos. Esta es la razón esencial por la que, lo que puede parecer a primera vista un conjunto de herramientas más, es capaz de convertirse en un proceso dentro del proceso, de generar por sí mismo un *entorno de trabajo*, alterando: el *con qué* (*herramientas*) -el resto de herramientas se ven transformadas o en algunos casos eliminadas-; el *con quién* (*personas*)- modifica los perfiles de los participantes, en un cambio comparable a la necesidad de incorporar personas con un determinado nivel de idiomas cuando se pretende desarrollar un negocio en el extranjero: el *dónde* (*espacios de comunicación físico y virtual*) - porque aunque pareciera que un sistema paramétrico incita a que exista menor proximidad física, curiosamente genera un entorno físico de convergencia global que fomenta naturalmente el "modelo carpa"-; el *cuándo* (*planificación*) - puesto que las actividades y el periodo de ejecución de cada actividad varían, las fases de entrada y salida de perfiles también se modifican- y, finalmente, el *cómo* (*proceso de pensamiento*) - ya que el BIM incorpora naturalmente su propia lógica y nos obliga a modificar nuestro proceso mental habitual-.



Fig 4. Esquema básico de un posible acercamiento a un proceso de producto. 2013 Fuente: IDOM

Este último punto es crucial, puesto que el cerebro es plástico. Que una herramienta incorpore su propia lógica quiere decir que es capaz de hacernos reconsiderar, aunque sea levemente, *qué* hacemos y *por qué* desarrollamos esa actividad. En este sentido, las respuestas al *qué* y al *por qué* son obviamente distintas en función del perfil profesional y personal de los actores –arquitecto, ingeniero, gestor, constructor, promotor, operador - y resulta complicado abarcar todo el espectro definiendo de modo genérico.

Pero de todos modos, asumiendo los estereotipos sociales habitualmente malintencionados: arquitecto = artista - liante, ingeniero = cabeza - cuadrada - limitado, constructor = contra tista, project manager = pasa - papeles, promotor = inculto - chanchullero, etc., parece obvio que las dos características esenciales mencionadas - disolución de límites y cohesión - contribuyen a realizar casi de rebote una suerte de cohesión social, que por otro lado era y es muy necesaria.

3 CONCLUSIONES

El paso del lápiz al dibujo asistido por ordenador en 2D fue leve comparado con el que salto que implica pasar del 2D al modelo informado en 3D. No lo parece, puesto que a primera vista el primero implicaba cambiar el lápiz por el ordenador - para muchos, moría el romanticismo y ganaba la tecnología - mientras que el segundo no modifica, o modifica levemente la herramienta base. Sigue siendo un ordenador de mayor o menor potencia. Pero este es un salto exponencial que trae como consecuencia un salto cultural de calado, puesto que es capaz de condicionar al resto de herramientas, el espacio físico y virtual de trabajo, la organización y procesado de la información y de los procesos, llegando en el límite a alterar la percepción de *qué* hacemos y *por qué*. Y la plataforma, indistintamente del software que elijamos, está aún en pañales.

El nivel y número de consecuencias que las actuales implantaciones tienen en el entorno de la edificación aumentarán en los próximos años, conforme se entienda el potencial de proceso y se avance en formación y desarrollo. BIM cambiará de nombre, porque la denominación actual se quedará corta para definir el nuevo entorno de trabajo.

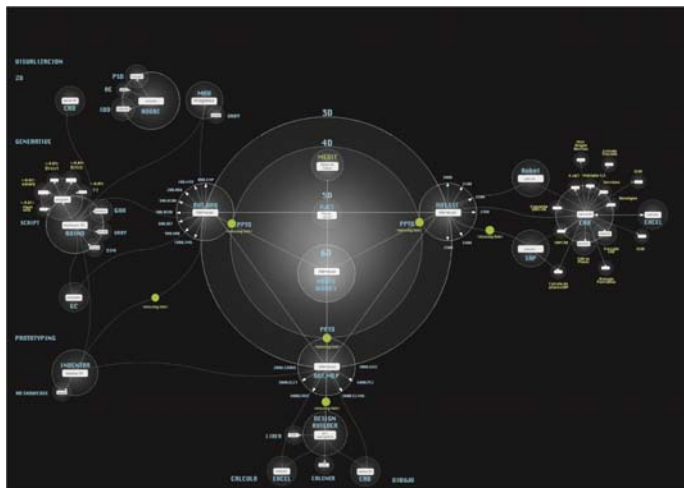


Fig 5. Diagrama del futuro de la plataforma de software en IDOM para el 2014. 2011. Fuente: IDOM

El nivel y número de consecuencias que las actuales implantaciones tienen en el entorno de la edificación aumentarán en los próximos años, conforme se entienda el potencial de proceso y se avance en formación y desarrollo. *La capacidad del proceso para cohesionar y eliminar límites en la cadena de valor transformará progresivamente dicha cadena.*

En un futuro cercano, proyectaremos inmersos en el modelo informado, como en un videojuego, varias personas a la vez, comunicándonos permanentemente de modo virtual, dentro del *videojuego de trabajo*. Trabajar se parecerá bastante a jugar. Y fuera, en este “mundo real” nos iremos de cañas. El modelo se proyectará como un holograma a escala 1:1 y se levantará el edificio con un replanteo exacto en 3D.

Y en el futuro lejano, pero no muy lejano, la convergencia entre proceso generativo y materiales con memoria incorporada permitirá que los edificios crezcan como árboles.



EL RENACIMIENTO EN LA NUEVA ERA TECNOLÓGICA

Autor: Amorrortu Castrillo, Lander (1)

(1) AgLa4D Construction Technology. lander.amorrortu@agla4d.com

RESUMEN

El objetivo principal de **AgLa4D** es optimizar procesos constructivos mediante la realidad virtual. Centrándose en la visualización de modelos creados con programas BIM para hacer más sencillas e intuitivas las labores de Project y Facility Management.

AgLa4D se especializa en la exportación de proyectos en formato CAD a formato virtual y en dotarle de la información necesaria para el cliente.

AgLa4D tiene dos líneas de negocio:

Mundo experto: Conocen la importancia del mundo BIM. Los sectores de la industria, la energía, y la arquitectura están cada vez más orientados a esta forma de diseñar y gestionar los proyectos. Mientras, el sector del Oil&Gas es el más avanzado en cuanto a la gestión Project y Facility Management y simulaciones.

Mundo menos experto: Trabajamos desde el concepto LowCost sobre la navegación virtual y las maquetas virtuales. Exportando el modelo 3D a formato virtual. Aquí no se gestiona la información del proyecto, nos centramos en una parte más visual, que facilita la comprensión y transmisión de los datos a la propiedad.

Como Start Up nos basamos en proyectos reales, con ejemplos de otros sectores más avanzados que hacen cosas no tan alejadas a las nuestras.

Palabras clave: *LowCost, navegación, Oil&Gas, simulaciones, virtual*

1 INTRODUCCIÓN

La **visión** de AgLA4D es que en un mundo más moderno, las nuevas tecnologías y sus nuevas formas facilitan y ayudan a trabajar en un entorno agradable de colaboración. AgLa4D entiende que el BIM es una ventana competitiva imprescindible para este sector convulso, ya que facilita la gestión de proyectos complejos de una manera fácil e intuitiva.

La **tendencia** general en el mundo de la arquitectura y el diseño es dibujar en programas CAD 3D que permiten el almacenamiento de datos. Una vez que el proyecto está completo y dotado de inteligencia, la transmisión de datos ha de ser sencilla y posible para todas las partes que intervengan en la vida útil del proyecto.

Los programas CAD son cada vez más complejos y el uso de estos se aleja de su objetivo, la transmisión y control de la información. Además los videojuegos cada vez son más fáciles de usar y navegar por ellos.

El equilibrio se encuentra en la hibridación entre los programas CAD y los videojuegos para poder gestionar correctamente los proyectos durante toda su vida útil. Esto facilita la comprensión y el uso de las diferentes herramientas CAD.

La navegación intuitiva y uso de pocos recursos de HW acortan considerablemente la curva de aprendizaje (características diferenciadoras del videojuego con respecto a los programas CAD).

El proceso de obtención del modelo virtual es sencillo. Una vez que se tiene el modelo en un programa 3D, se exporta al visualizador. Este proceso es prácticamente automático en los programas de diseño CAD más habituales. El modelo se puede asemejar al original texturizándolo y dotándolo de realismo.

Una vez que tenemos el modelo en formato virtual, se puede comenzar a gestionar la información que queremos introducirle. Este paso, es más complejo, en función de las BBDD o cantidad de información que quiera introducir el usuario final.

Además al tratarse de un proceso casi inmediato es muy práctico durante las fases de diseño de los proyectos, ya que se puede utilizar para mejorar el diálogo con la propiedad.

2 CONTENIDO

Originalmente Aparejador, en el año 2.008 realizo un Máster de Innovación y Emprendizaje y desde entonces me encuentro emprendiendo e innovando constantemente bajo esas premisas.

En el año 2010 fundó la empresa AgLa4D Construction Technology basándome en la **hibridación**. Por un lado, la tecnología del sector del videojuego con los programas CAD, y por otro, el Sector del Oil&Gas sobre el sector de la Construcción y Arquitectura.

Gracias a esto, desde AgLa4D se han ofrecido diferentes productos y servicios enfocados a una mejor interpretación y por lo tanto, gestión de los proyectos.

2.1 Mundo experto

Nos basamos en la forma en que se gestiona la información en proyectos internacionales gracias a las nuevas tecnologías. La clave está en conseguir integrar toda la información de una manera automatizada, para que no requiera de grandes inversiones en futuros proyectos, así como en la facilidad para localizarla.

De esta manera podemos ver como de una manera fácil e intuitiva tenemos toda la información en un solo “clic”.



Fig. 1. Imagen del video demostración de Gestión documental. Fuente: AgLa4D. 2011 [1]

Gracias a una base inicial con toda la información correctamente integrada sobre el modelo 3D, se pueden gestionar entrenamientos virtuales para labores de Comissioning, Facility, Seguridad, Evacuación, etc.

Esta forma de trabajo ayuda a recortar los plazos de puesta en marcha, interpretación de las órdenes de trabajo, labores de mantenimiento, reciclaje de los trabajadores, formación, etc.



Fig. 2. Imagen del video demostración de Serious Games. Fuente: AgLa4D. 2011.[2]

A partir de estas primeras premisas y después de un estudio de necesidades creamos la primera aplicación integrando un diagrama de Gant del Microsoft Project al entorno 3D.

Este proyecto nace durante los trabajos realizados para un proyecto de **edificaciones modulares eco sostenibles** de la empresa AmetsLab. Para la empresa, era muy importante optimizar tiempos y costes en el montaje, por lo que creamos un modelo virtual del real para poder simular el montaje y así evitar errores en obra y ganar rapidez en el montaje.

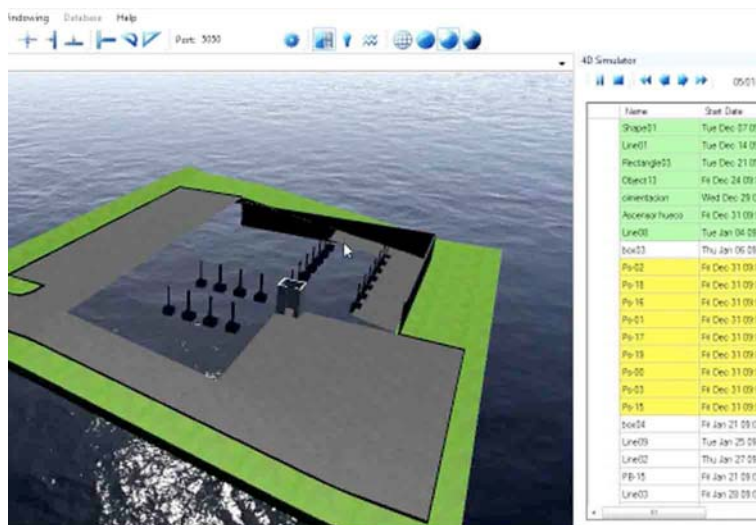


Fig. 3. Imagen del video sobre la Aplicación 4DSimulation. Fuente: AgLa4D. 2010.[3]

Al identificar como las grandes empresas nacionales están implantando el BIM en sus procesos y propiedades, decidimos crear un prototipo para poder demostrar nuestras capacidades y posibilidades reales de trabajar en un entorno inteligente.

En este prototipo, podemos visualizar la información de un proyecto creado en Revit de una manera muy cómoda. Esta forma de trabajo a partir de un visualizador es una innovación desconocida a nivel nacional a pesar de encontrarse implantada a nivel internacional.

La información que lleva el modelo virtual no solo viene de la que se le ha dado durante su diseño en el programa de modelado, sino que se pueden insertar BBDD externas en función de las necesidades que se detecten.



Fig. 4. Imagen del video demostración de Gestión documental BIM. Fuente: AgLa4D.2012. [4]

2.2 Mundo menos experto.

Durante este tiempo, hemos identificado la importancia de adecuarse al mercado, para lo cual, en muchos momentos se tiene que hacer desde la perspectiva del LowCost y así ir introduciendo de una manera más pausada y asequible, el BIM al mercado.

Para este caso, es imprescindible entender el día a día y las dificultades de integrar una innovación radical, en un sector tan anclado como es el de la construcción.

En un primer momento nos acercamos a una constructora situada en Vitoria, Opacua S.A., y un proyecto de 12 viviendas de VPO. Ellos, como por desgracia suele ocurrir, estaban más enfocados en su día a día que en las nuevas tecnologías y no veían el ahorro en su construcción, ni el aumento de ventas por el uso de nuevas tecnologías.

Desde AgLA4D se identificó la posibilidad de crear un primer prototipo para aplicar el concepto BIM. Se participó en el primer concurso BIM de la asociación de Arquitectos (aA) con un dossier que resulto galardonado con el 1er premio en la categoría 5 de Proceso BIM.

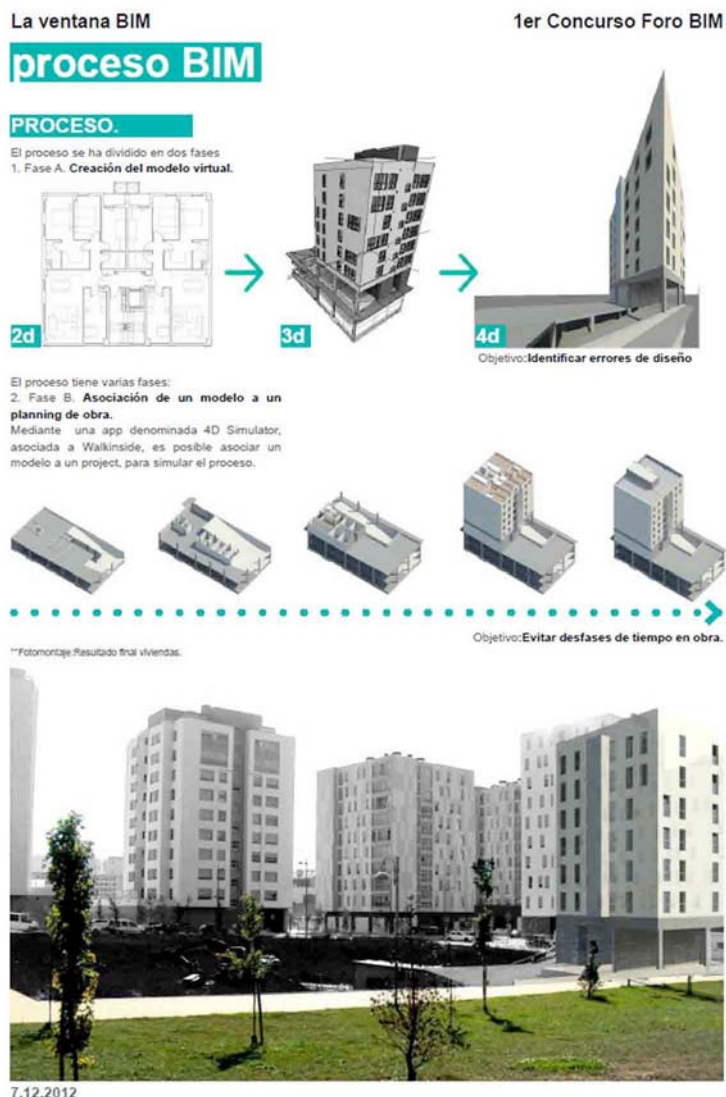


Fig. 5. Presentación del proyecto para concurso Foro BIM. Fuente: AgLa4D.2012.

También hemos trabajado en colaboración con el Estudio de arquitectura UPArquitectura Bulegoa, para la creación de una maqueta virtual de un unifamiliar aislado para un auto promotor.

En este caso se enfocó el proyecto desde la perspectiva de cómo durante la Fase de anteproyecto la maqueta virtual creada evoluciona junto con el proyecto, pudiendo llegar a dotarle de la inteligencia necesaria para la interacción con la propiedad. Se participó en el primer concurso BIM de la asociación de Arquitectos (aA) con un dossier que resultó galardonado con el 3^o premio de la categoría 6 Iniciativa BIM.



La MAQUETA VIRTUAL

1er Concurso Foro BIM

iniciación BIM

PROCESO.

El proyecto se centra en la comparativa entre las maquetas "convencionales" y la creación de **maquetas virtuales** que evolucionan con el proyecto y que son dotadas de inteligencia.



Infografía renderizada. Fotomontaje Convencional.



Fig. 6. Presentación del proyecto para concurso Foro BIM. Fuente: AgLa4D.2012.

3 CONCLUSIONES

La situación del sector de la construcción en España se caracteriza por un progresivo retroceso del sector a nivel nacional, acumulando actualmente 5 años de descenso consecutivo en la producción. Las grandes empresas nacionales, están intentando exportar el 50% de sus productos a proyectos complejos internacionales. Esta estrategia de internacionalización casa directamente con la propuesta de valor de AgLa4D y su visualizador.

Además, las expectativas en el sector a nivel nacional no son precisamente halagüeñas para los próximos años. Según el informe "Euroconstruct" [5] se prevén bajas muy severas para los años 2012 (-21,1%) y 2013 (8,1%), así como una reducción moderada durante el año 2014 (-2,1%).

La edificación residencial continuará paralizada por los grandes stocks de viviendas, que no encuentran salida en el mercado inmobiliario. La situación del sector financiero español hace que las circunstancias no sean las más apropiadas para el desarrollo del sector. Se prevé que los descensos en la actividad continúen durante el año 2012 (12%) y 2013 (5%).



Por lo tanto las empresas constructoras más importantes se encuentran en una fase de internacionalización de sus servicios a proyectos internacionales.

El sector de la construcción, debe afrontar importantes retos para los próximos años:

1. Incremento de la eficiencia, la productividad y reducción de los costes.
2. Reducción del impacto ambiental de la actividad.
3. Incrementar el valor añadido del sector a través de la innovación (ej. construcción sostenible).
4. Internacionalización.

Las empresas de estos sectores, que hagan frente a éstos retos serán las que tengan mayores oportunidades para su desarrollo.

Utilizar sistemas BIM favorece a la internacionalización del producto ya que es a lo que tiende el mercado, no adaptarse a esta nueva tecnología supone quedarse fuera del mercado. Además, dar un paso más y utilizar visualizadores estilo videojuego, favorece la comunicación con el público y con la propiedad que no tiene por qué ser experto.

4 REFERENCIAS

- [1] <http://www.youtube.com/watch?v=W7JfBylJ9s4>
- [2] <http://www.youtube.com/watch?v=dgeF0A33bZQ>
- [3] <http://www.youtube.com/watch?v=K-u28CyvnXM>
- [4] <http://www.youtube.com/watch?v=rhEP2RoDRj4>
- [5] http://www.itec.es/servicios/prospectiva/euroconstruct/sumario_euroconstruct.aspx

POR UN ASCENSOR Y POR UNA VENTANA: LA UTILIZACIÓN DE BIM EN UNA REHABILITACIÓN INTEGRAL

Autores: Núñez Noda, Alejandro (1), Pérez Arnal, Ignasi (2)

- (1) IMC, noda@coac.net
(2) IMC, ignasiperezarnal@gmail.com

RESUMEN

El proyecto tiene su inicio en una consulta para evaluar la posibilidad de instalar un ascensor en el ojo de una escalera en un edificio de 140 años de antigüedad situado en la que se considera la calle más cara de España, la calle del Portal del Ángel en Barcelona.

Instalar un ascensor donde la gente tenía que entrar de lado no era razonable y la propuesta de liberar un espacio para construir una caja de ascensor que permitiera reestructurar el uso y recuperar la funcionalidad del edificio se convirtió en el objeto de un nuevo proyecto arquitectónico. Desde un principio, se entreveía una complejidad importante por la cantidad de requisitos y situaciones singulares que existían en un edificio que a su vez estaba catalogado como patrimonio de la ciudad.

El arquitecto, Alejandro Núñez, delante de esta situación pide realizar un levantamiento topográfico de su interior para conocer exactamente lo que se iba a encontrar.

Tras diversas experiencias profesionales con empresas constructoras e instaladoras tradicionales, el arquitecto decide fundar su propia constructora y decide utilizar BIM (Building Information Modeling) como garante del control absoluto del proceso, cada uno de los materiales e instalaciones que se utilizarán en cada obra.

Palabras clave: BIM, Cambio, Oficinas, Paradigma, Rehabilitación

1 INTRODUCCIÓN

Lo que a continuación se va a explicar es una historia real y los nombres y personajes coinciden con algo que ocurrió hace cinco años en una obra a un arquitecto que quería construir bien.

Todo empezó un día en que como arquitecto y contratista de una obra –porque se trataba de un proyecto donde parte de la inversión provenía de la misma familia y se quería garantizar la buena ejecución de un lado, y porque al ser contratista se podía garantizar también el mejor precio- se realizaba una visita de obra. El proyecto eran unas viviendas donde se utilizaba unas vigas planas de reciente implantación en el mercado español, resultado de una patente finlandesa y comercializadas por una empresa de prefabricados de hormigón. Se escogió este sistema para poder abaratar costes sin mermar la calidad constructiva y para asegurar las dimensiones exactas de todo el proyecto arquitectónico adaptado al proyecto constructivo.



La obra se encontraba en una pequeña población de alta montaña y delante de un paraje singular, un lago artificial inédito en situaciones geográficas similares.

2 EL INICIO DE LOS PROBLEMAS

La obra y su timing iban de forma excelente. Hasta que se llegó al momento de implantar las instalaciones. Era extraño pero cada vez que el instalador hablaba, necesitaba que se fuera a comprar unos codos para bajantes –unas piezas especiales- que por casualidad era imposible de encontrarlos en muchos kilómetros a la redonda.

La misión del arquitecto (y contratista) era –para tratar de ayudar a la buena marcha de la obra- hacer cada día una serie de kilómetros y abandonar la obra para ir a buscar cada una de las piezas especiales que requería el instalador.

La obra terminó perfecta [1], pero tres grandes contenedores de obra habían sobrado. Y estaban llenos de codos y piezas especiales sin haber sido utilizadas.

Esta situación hizo pensar al arquitecto que lo que necesitaba eran tres cosas: pasar a la gestión integral de todo el ciclo de la edificación y construcción para evitar sorpresas de este calibre, utilizar un software que permitiera enlazar el diseño arquitectónico en 3D (¿por qué hacerlo en 2D cuando nuestro “producto” se basa sobre todo en volúmenes y no en planos?) y aprender a “fabricar” edificios en vez de construirlos.

2.1 Grandes crisis, grandes soluciones

Nos encontramos en una situación de cambio. Valores, ética, transparencia, mejora continua que son conceptos fáciles de encontrar en otros sectores productivos e industriales, no tienen parangón en el sector de la construcción. Una situación límite en la construcción apartamentos turísticos de montaña -compra de materiales no necesarios, entorpecimiento de la planificación de la obra, desconocimiento real del transcurso del proceso constructivo...- llevaron a la decisión de, como arquitecto y como profesional que quiere garantizar la buena ejecución de sus edificios-, crear una constructora BIM. Una constructora que gracias al control del proyecto desde su inicio, aseguraba un buen final de la obra.

NODA, el estudio de arquitectura, pasó a complementarse con una empresa de gestión de la construcción llamada IMC, y ésta, un año más tarde, se transforma en IMC Corp., agrupando la actividad habitual y sumando un nuevo valor añadido: la gestión integral de la edificación.

Se trataba de no hablar ya de construcción, sino de producción. Se trataba de cambiar la visita de obra, por un mecanismo, una metodología de trabajo que permitiera el control de la obra.

Y el utilizar BIM y pensar en BIM ha sido la clave.

La necesidad de encontrar un entorno de trabajo que permitiera tener el control del ciclo de la edificación –desde el diseño y el proyecto “total” de todos sus elementos y piezas hasta la planificación de cada capítulo evitando cualquier tiempo muerto- fue la razón para iniciar a investigar qué existía en el mercado. La búsqueda no se enfocó tanto en encontrar software investigar sino maneras de trabajar, apoyadas en nuevas herramientas. Como



arquitecto se investigó entre todos los softwares de diseño existentes en España, al mismo tiempo que se buscaba cómo enlazar el proyecto arquitectónico al constructivo y éste con programas de agenda personal y de cálculo.

El “Value Proposal” que se genera con BIM es ahora un punto diferencial y, de hecho, la garantía de poder trabajar bien, y por tanto, visualizar el futuro con expectativas.

El aprendizaje de Lean Construction [2], de la traducción de los procesos industriales a los procesos constructivos, sin saber que se trataba de ello fue la segunda parte. ¿Por qué la construcción se remitía a construir de forma casi idéntica a como los romanos lo habían estado haciendo dos y tres mil años atrás?

2.2 Un ascensor

El proyecto tiene su inicio en una consulta para evaluar la posibilidad de instalar un ascensor en el ojo de una escalera en un edificio de 130 años de antigüedad situado en la calle más cara de España, la calle del Portal de l'Àngel en el mismo centro de la ciudad de Barcelona.

Instalar un ascensor donde la gente tenía que entrar de lado no era razonable y la propuesta de liberar un espacio para construir una caja de ascensor que permitiera reestructurar el uso y la función del edificio se convirtió en el objeto de un proyecto arquitectónico. Este proyecto arquitectónico, desde un principio, se veía complejo por la gran cantidad de requisitos y situaciones singulares que existían en un edificio que además era catalogado como patrimonio de la ciudad.

El arquitecto, Alejandro Núñez, delante de esta complejidad y con el objetivo de tener controlados cada uno de los aspectos de la obra pide realizar un levantamiento topográfico de su interior que se realiza mediante láser. Debido a las experiencias insatisfactorias con empresas constructoras e instaladoras, como las comentadas anteriormente, el arquitecto decide utilizar el BIM (Building Information Modeling) para construir virtualmente el edificio e introducir absolutamente todos los materiales, instalaciones y elementos en este modelo.

El presupuesto de la obra podía, por fin, ser fijado hasta el último céntimo, y el mismo proyecto iba a poder ser el as built de la intervención. Esto era importante porque el Facility Management de este edificio iba a ser importante ya que se trataba de un Business Center con despachos flexibles.

Esta seguridad –gracias al control que ofrece el BIM por tener todas las variables que existen en un proyecto y en su construcción–, sumada a la necesidad de cumplir un presupuesto muy restringido (la obra se ha realizado por menos de 1.500 euros por metro cuadrado) convenció al arquitecto de que lo que tenía que hacer es crear él mismo una constructora. Una constructora que tendría montadores más que peones e instaladores más que paletas.

2.2 Una ventana

Los retos de lo que debía ser el proceso constructivo eran ingentes: como el emplazamiento de la obra se realizaba en la calle más cara de España, una semana de retraso iba a suponer una pérdida económica considerable; como esta calle es una calle comercial y peatonal todo el material que debía llegar a la obra, lo tendría que hacer entre las 7 y las 9h de la mañana; como el edificio estaba catalogado, todo el material tendría que entrar sin

tocar las aberturas de la fachada y como la planta baja estaba ocupada por dos locales comerciales en uso, se decide que se cortaría una parte de una barandilla metálica de la balconera central de la segunda planta para entrar todo el material necesario por una ventana. La construcción se realizó sin molestar la actividad comercial de una zapatería y de una empresa de telefonía móvil que se desarrollaba en la planta baja y la planta principal, y así no se afectaron los presupuestos y volumen de ventas de estos dos comercios mientras duró la obra.



Fig 1. *Render* de la intervención en fachada. La balconera central, en la segunda planta, se iba a convertir en la única entrada para el acopio de materiales y con un horario tan restrictivo como el que permitía el no entorpecer la actividad comercial de la calle más frecuentada (y por tanto más cara) de España, de 7.30 a 9h por la mañana. En ese horario se debía hacer no sólo el acopio de materiales, sino también la salida de ellos. 2012. IMC

Lo primero que se construye es la caja del ascensor y se fijan los niveles exactos de sus paradas en cada piso. Fijados estos niveles al milímetro, un escultor-herrero del municipio de la Pobla de Segur (a 250 Km de Barcelona que era donde se encontraba la obra) realiza tramo por tramo una escalera metálica que debería encajar exactamente en los niveles fijados en la obra.



Fig 2. El proyecto partió de una consulta del gestor del inmueble para ver la posibilidad de colocar un ascensor en el ojo de una escalera de mármol. Un ascensor que de haberse instalado, obligaba a entrar de lado. En la sección se aprecia como el núcleo de ascensor se pudo abrir al sacrificar espacio comercial valiosísimo. Pero, a consecuencia de ello, se iban a poner en el mercado cuatro plantas y una cubierta en la calle más cara de Barcelona. 2012. IMC

A partir de tener este elemento de comunicación vertical en la obra y permitir el desplazamiento de materiales y personas, los interiores son forrados con un paramento realizado con tres tipos de madera y acabados distintos que se va combinando entre sí para evitar una imagen de repetición visual.

Los patios interiores se convierten en pozos de luz al sustituir muros por paredes de cristal, y el ambiente generado, tan diferente de la opacidad y la oscuridad que tenía el edificio anteriormente, hace que la propiedad descubra las posibilidades del edificio para ser convertido en oficinas de alto standing en cuatro plantas, ahora liberadas, junto a una terraza que se transformaba de tendedero a un espacio donde realizar presentaciones de productos.

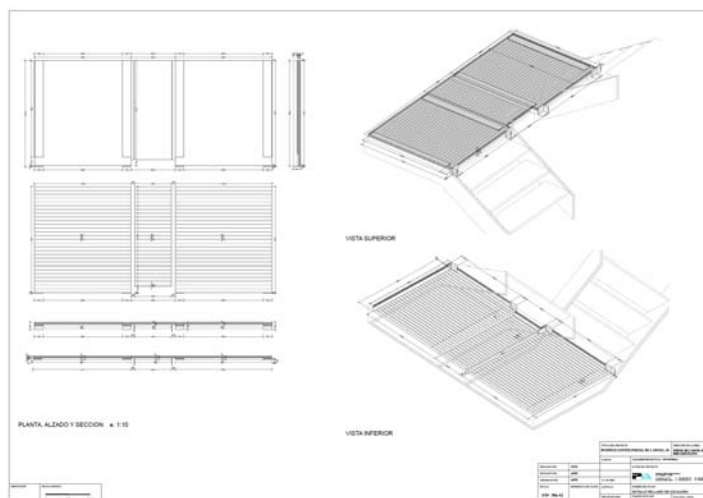


Fig 3. La escalera se realizó a 250 km del emplazamiento de la obra, y debía encajar a la perfección. Las paradas del ascensor fijaban los niveles exactos de los forjados y a partir de estas dimensiones se fabricaron los nueve tramos de escaleras metálicas y con los peldaños y barandillas de vidrio transparente y translúcido para provocar la entrada de luz en todo el edificio, y así generar un ambiente de trabajo saludable y confortable. 2012. IMC

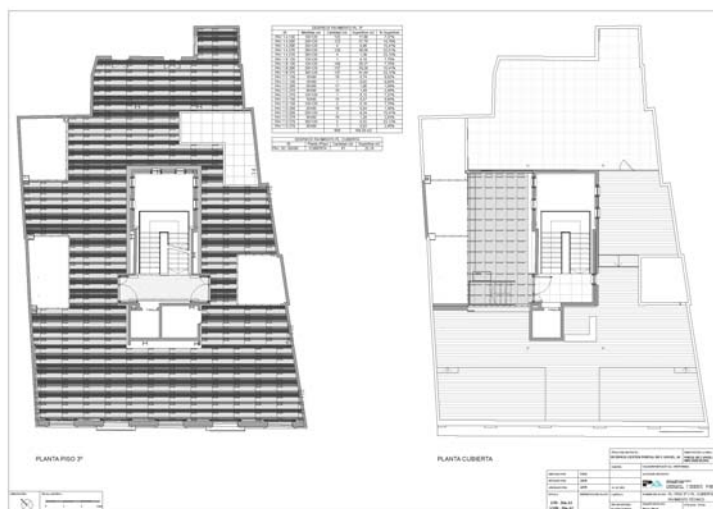


Fig 4. La justificación del por qué de la adopción de BIM queda patente en la complejidad de las soluciones adoptadas. Un ejemplo trascendental era el que aparecía en el momento de pavimentar cada planta. El pavimento ayudaba a generar un suelo técnico para controlar las alturas de cada piso. Para no crear un suelo repetitivo, se diseñó un módulo de “baldosa” de madera que debía jugar con las medidas estándar de las láminas -27,13 y 10 cm de anchura- que podían colocarse en distinto orden pero que necesitaban controlarse a nivel económico. La lámina de 27 cm de ancho es mucho más costosa que las más estrechas, y por tanto se debía controlar más su uso ya que significaba un aporte mayor en m2. 2012. IMC

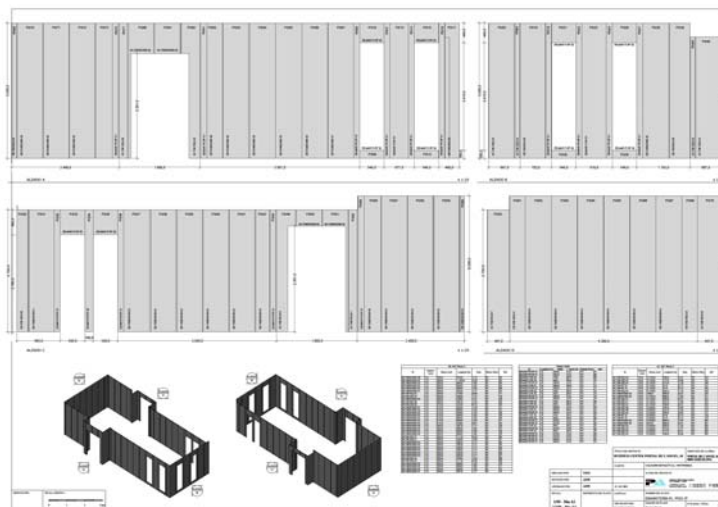


Fig 5. BIM proporciona la interrelación del diseño arquitectónico, con el constructivo y con el funcional. Puertas ignífugas que deben enrasarse con el resto de plafones que cierran un núcleo de comunicación vertical, que a su vez regularizan las medidas de las cuáles va a depender la disposición de las instalaciones ya que éstas se iban a realizar a una distancia fija del núcleo en sus cuatro costados son aplicaciones inteligentes de BIM. Al mismo tiempo, tal como se ve en la ilustración se tienen contabilizados y medidos de forma automática cada uno de los módulos a cortar. 2012. IMC

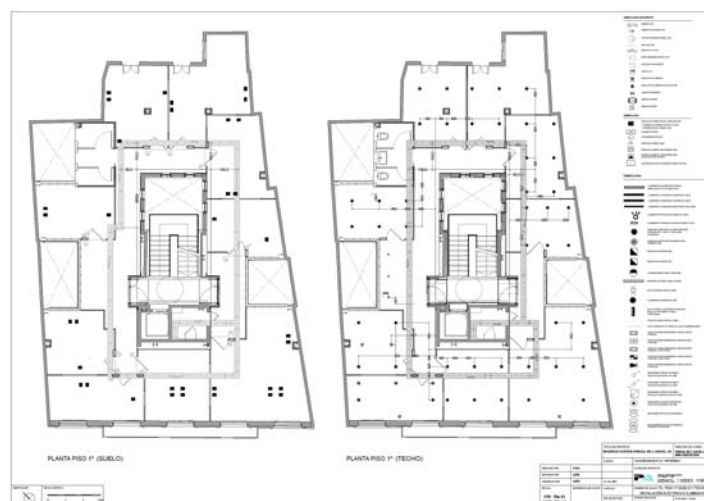


Fig 6. Las instalaciones eléctricas, de iluminación, de agua, informáticas, de control telemático son dispuestas siempre en la misma posición, sean en el plano de suelo o de techo, y a la misma distancia –en este caso, del núcleo de las escaleras- para saber dónde localizarlas exactamente en cualquier momento. Como BIM obliga a diseñar y desarrollar el edificio en tres dimensiones, las mediciones son exactas y concretas, garantizando la efectividad de los pedidos de material y de su adecuada instalación. 2012. IMC

2.3 Aspectos de innovación constructiva y condicionantes funcionales, técnicos y medioambientales

Son remarcables distintos aspectos. El principal ha sido la utilización de BIM en el proceso de diseño arquitectónico en una rehabilitación intensiva al mismo tiempo que la constructora utilizaba a su vez también BIM. La solución adoptada fue utilizar el software Archicad que permitía mayor parametrización de cada elemento que se quería controlar. Era necesario

unir los condicionantes económicos a los arquitectónicos, y la relación automática e instantánea entre parte dibujada y parte medida y presupuestada era una prioridad.

La manera de trabajar en la obra también se modificó sustancialmente. Cada oficio se identificaba con un color en su vestuario, y algo tan sencillo como esta decisión permitía controlar el número de personas en cada planta y si la relación entre esos oficios era la adecuada en ese momento.

La implementación de los criterios cradle-to-cradle para generar un “residuo cero” durante la construcción ha transformado también la manera de afrontar el proyecto y su construcción. Todos los paramentos de madera son localizables, extraíbles, y reutilizables. El concepto cradle-to-cradle [3], que no deja de significar “de la cuna a la cuna”, define que la recuperación de todo lo introducido en una obra puede ser reutilizable y reciclable una vez el edificio ha cumplido con su cometido.

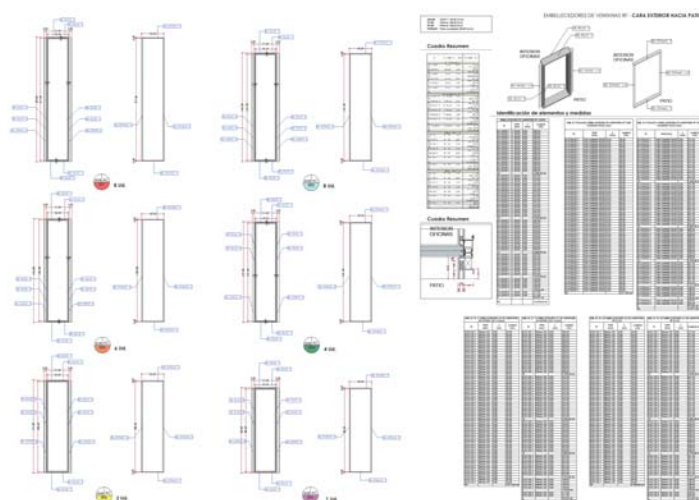


Fig 7. Una de las mejores aportaciones del BIM es la relación, la interoperabilidad entre el diseño arquitectónico y el proceso constructivo. Se puede comprobar como del mismo diseño de los marcos y contramarcos de las ventanas del patio interior –que además tienen que cumplir con la reglamentación anti-incendio- se generan los listados de cada una de las piezas que las conforman facilitando así su fabricación y montaje. Todo al milímetro. 2012. IMC

El balance Carbon Neutral al utilizar madera de roble revestida con aceite de composición nanotecnológica para proteger los paramentos es bajísimo. A ello, se suma el hecho de que toda la instalación de iluminación se ha realizado con LED en absolutamente todos los espacios. Podríamos decir que se trata de una obra ecológica.

El proyecto BIM, así, se transforma en el documento de gestión utilizado para el facility management y mantenimiento del edificio durante su uso diario.

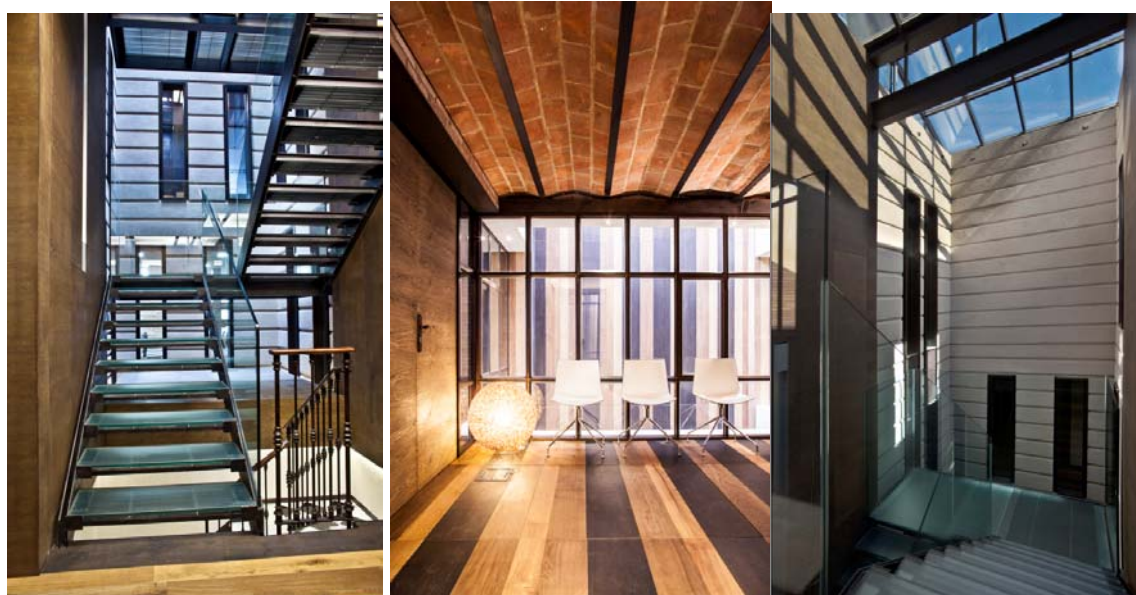


Fig 8. Si lo más complejo en un proyecto arquitectónico es controlar todos los elementos existentes y nuevos que participan en él, la mejor aportación del BIM son los resultados que se obtienen. El jurado de Construmat en su edición de 2013 ha reconocido su alta calidad técnica. 2012. IMC

3 CONCLUSIONES

El Sector de la Construcción se encuentra en una situación límite en nuestro país. En 13 años se han construido millones de viviendas y edificios. Pero la crisis económica y financiera ha hecho palpable el grave problema de este sector frente a otros: la escasa experiencia recogida durante estos años no ha permitido crear productos y servicios constructivos capaces de ser exportados y poder, así, sobrevivir a la crisis.

El caso de éxito aquí presentado, relata la experiencia de un arquitecto que lucha por industrializar el sector, desde el punto de vista de incorporar servicios y aplicaciones que permitan su control y su gestión. Y es la viva demostración de que aún siendo solamente un arquitecto y un delineante, se puede trabajar de forma excelente y con resultados brillantes.

Y con sólo una condición: trabajar con y dentro de BIM.

4 REFERENCIAS

- [1] La obra a la que se hace referencia se encuentra en la comarca del Pallars Jussà de la provincia de Lleida en Catalunya.
http://www.flickr.com/photos/imc_gestion_integral_de_la_edificacion/7294128822/
- [2] Koskela L. *An Exploration Towards a Production Theory and Its Application to Construction*, 296 páginas. VTT publications. Technical Research Centre of Finland (2000). ISBN-10: 9513855651
- [3] Braungart M. y McDonough W. *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*, 208 páginas. North Point Press; 1st edition (2002). ISBN-10: 0865475873

1^{er} Congreso Nacional BIM - EUBIM 2013

Encuentro de Usuarios BIM

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación

Universitat Politècnica de València

Valencia, 24 y 25 de mayo 2013



1^o CONGRESO
NACIONAL BIM
EUBIM 2013

[4] Ficha técnica de la obra presentada

Promotor: Solum S.L.

Equipo constructor: Pilar Vaquero Rodríguez, Isera Mas Cabal S.L.

Equipo técnico facultativo: Alejandro Núñez Noda, único socio profesional de Puyuelo Arquitectura S.L.U. Arquitecto. Conceptualización, diseño BIM, proyecto arquitectónico Cradle-to-cradle y Dirección Facultativa BIM; Antonio Ortiz, Arquitecto Técnico, desarrollo del proyecto ejecutivo BIM y Dirección Facultativa BIM; Carlos Muñoz García-Ortega. Ingeniero Técnico, Isera Mas Cabal S.L., Control y Coordinación durante la ejecución.



INNOVACIÓN BIM EN UNA EMPRESA INTERNACIONAL DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA. EL CASO TYP SA

Autor: González Pachón, Vicente (1)

(1) Arquitecto. Director de Edificación de TYP SA, vgpachon@typsa.es.

RESUMEN

Abordamos el concepto de diseño a partir de la etimología de la palabra: el acto de diseñar sería el momento del encuentro entre el mundo de las ideas y el de los objetos reales; punto de confluencia entre el camino que conduce desde la reminiscencia del objeto real a la idea, y el camino inverso, que conduce desde la idea imaginada a su constitución como objeto real.

Desde ese punto, mirando más en la dirección pragmática de la técnica que construye que en la del arte que reflexiona, interpretamos el BIM como un nuevo paso en la evolución de los medios instrumentales del hombre. Nuevos útiles, nacidos de la cibernética, que nos alejan del cazador primitivo, que dibujaba animales en la pared de su cueva con el tizón apagado.

La herramienta modificará los signos; cambiara el diseño y su designio. Cambiarán los espacios de trabajo, los estudios y las empresas, los centros y programas de formación. Cambiarán las formas de los objetos y los procesos de construcción.

Todo ello, visto desde la óptica de una moderna empresa de ingeniería que se caracteriza por aunar en su organización la arquitectura y la ingeniería.

Palabras clave: *objeto, arquitectura, diseño, idea, ingeniería*

1 INTRODUCCIÓN

En los años 90, TYP SA hizo unos primeros intentos para incorporar en sus métodos de producción alguna de las aplicaciones emergentes basadas en la modelización de objetos que se ofrecían ya entonces para el desarrollo del diseño de edificios. Pero esas iniciativas no tuvieron éxito. Por un lado, el mercado español, en el que se desenvolvía entonces predominantemente nuestra actividad, no lo demandaba, y por otro, no nos pareció que las herramientas que ensayamos estuvieran suficientemente evolucionadas para resultarnos prácticas.

No obstante, el intenso crecimiento de nuestra actividad en el sector nacional de las infraestructuras del transporte en ese mismo periodo, nos animó a impulsar el desarrollo de un *software* propio para su aplicación a los proyectos de obras lineales (carreteras, ferrocarriles, canales). Desde entonces, no hemos dejado de desarrollar ese *software* propio, que por su enfoque y manera de operar puede asimilarse perfectamente al concepto BIM; eso siempre y cuando utilicemos la palabra *Building* en su acepción más genérica de “construir” (construir, en este caso, obras lineales), en lugar de la acepción, más limitada y también más común, de “edificar”, de construir edificios. Bautizamos entonces ese software de desarrollo propio como “TRAZADO” y actualmente seguimos utilizándolo con éxito en su

versión actualizada, “**Programa T3**”, como herramienta básica para el modelado 3D y el cálculo numérico de nuestros proyectos nacionales e internacionales de obras lineales.

En el campo de la arquitectura (en el sector de la Edificación como *Building*), volvimos a interesarnos por el *software* de modelización de edificios a mediados de la pasada década, cuando ya empezaba a tener éxito el concepto de *Building Information Modeling*. Estábamos ya inmersos en el proceso de expansión internacional en el que estamos instalados ahora. Como miembros del **FIDIC** [1] y a través de nuestra participación en foros internacionales de empresas de ingeniería, nos llegaban noticias cada vez más frecuentes y significativas sobre el impulso que estaban experimentando en los países del ámbito anglosajón y en algunos países europeos las nuevas aplicaciones que integraban la modelización geométrica con el diseño paramétrico.

En octubre de 2009 participamos en el foro monográfico sobre *Building Information Modeling* convocado en Rotterdam por el grupo de empresa **Europengineers** [2]. Nos pareció que las fases de investigación y desarrollo de los métodos y aplicaciones de diseño BIM estaban ya muy avanzadas, y que había llegado el momento de participar en la innovación [3].

Desde entonces no hemos dejado de impulsar la mejora de nuestra capacidad para operar con herramientas BIM, adquiriendo procesadores más potentes, renovando y mejorando nuestro *software* e impartiendo cursos de iniciación que hemos encadenado siempre con el desarrollo de proyectos con BIM. Actualmente, tenemos en plantilla más de 20 personas equipadas y capacitadas para operar en un entorno BIM. Los más aventajados, operan ya habitualmente en esta plataforma de diseño y algunos, que aúnan la experiencia profesional con el dominio de las aplicaciones informáticas, están liderando los proyectos como *BIM Managers* con ayuda de aplicaciones informáticas de “navegación virtual”.

El autor de esta comunicación, director del Departamento de Edificación de TYPESA, participa muy activamente en el proceso. Actualmente tiene encomendada por el Comité de I+D+i de la empresa la dirección de la segunda fase del proyecto de implantación de procedimientos BIM en los departamentos de Edificación, Estructuras e Instalaciones.

Cuando iniciamos la primera fase, las noticias directas sobre experiencias de implementación de herramientas BIM, y la lectura de artículos y entrevistas publicados por reconocidos tratadistas de EEUU, como Charles M. “Chuck” Eastman [4] y Jerry Laiserin [5], apuntaban a que las mayores dificultades a las que nos íbamos a enfrentar en el camino de la innovación no radicaban en el aprendizaje práctico de las nuevas aplicaciones -en los tiempos y costes de la formación- ni en los costes de adquisición de las nuevas máquinas y aplicaciones; tampoco se registraban retrasos o impactos económicos negativos en los casos prácticos conocidos.

Los problemas no surgían en ese nivel superficial e inmediato sino que tenían un calado mucho más profundo:

Las herramientas de la nueva generación, ya no operan replicando en un ordenador las tareas artesanales del diseño realizado manualmente, sino que involucran un cambio de enfoque en la gestión y realización de la información de diseño. Como consecuencia, su aplicación determina un cambio en la propia naturaleza de la información con que opera el diseño; también en los flujos a los que está sujeta la circulación de dicha información, en la manera de utilizarla, de transmitirla, de almacenarla, de actualizarla, de custodiarla.

Nuestro diseño tiene un carácter instrumental, porque su destino no es el diseño en sí, sino los objetos cuya construcción determinamos con él. Y la innovación BIM, un paso más en el avance de la cibernética [6], conducirá a una transformación adaptativa de todos los agentes que intervienen en el complejo proceso de la promoción, diseño, construcción y operación de los edificios y las infraestructuras.

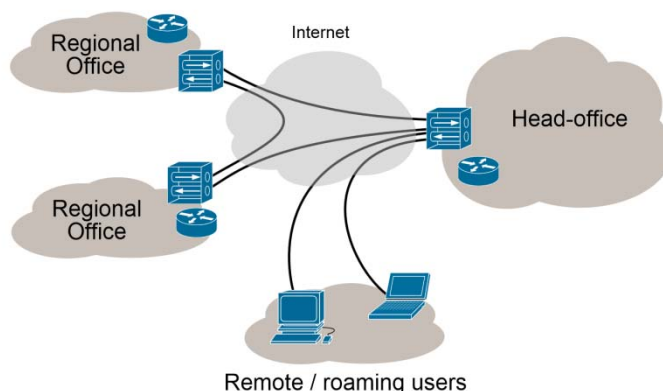


Fig 1. Ilustración de una red privada virtual (VPN) de Internet. <http://en.wikipedia.org/wiki/VPN>

2 CONTENIDO

2.1 Una empresa de ingenieros y arquitectos

La empresa TYPESA fue fundada en los años 70 del siglo XX por un grupo de jóvenes ingenieros y arquitectos emprendedores. Ha crecido desde entonces de manera ininterrumpida y se ha expandido territorialmente hasta alcanzar su tamaño y condición actuales: un grupo de empresas presente en varios continentes y con una plantilla de cerca de 2000 personas.

Desde muy pronto, el enfoque de la actividad y la organización de la empresa -dirigida predominantemente por ingenieros-, se orientó hacia la constitución de una empresa consultora independiente, operando en un mercado de libre competencia, con vocación de ofrecer y proporcionar toda la gama de servicios de consultoría que puedan requerirse en el campo de los proyectos y obras de arquitectura e ingeniería.

En ese marco, la presencia de la arquitectura al lado de la ingeniería ha sido siempre uno de los rasgos distintivos característicos de TYPESA: ingenieros y arquitectos trabajando juntos, constituyendo juntos la empresa.

Los ingenieros aportan su actitud siempre racional y positiva, su determinación a resolver cualquier problema, buscando "la solución" con rigor y con arrojo. Destaca su sólida formación en las disciplinas científicas y es envidiable su capacidad para aplicarlas en la práctica, en la técnica. Desde sus orígenes académicos en las primeras escuelas de ingeniería, el rol social de los ingenieros se orientó predominantemente hacia la acción anónima (desde la empresa privada o desde la Administración) al servicio de las obras públicas, actuando con la razón sobre un mundo determinado por condiciones objetivas.

El dominio de los arquitectos es el del espacio construido, el espacio que habitamos, un dominio donde la técnica cohabita con la cultura y con el arte, con el reino de lo simbólico,

un reino subjetivo, voluble y tornadizo, que se carga de significados y que no siempre se deja doblegar por el rigor objetivo de la ciencia aplicada, de la técnica.

La empresa acumula en el tiempo la experiencia individual y colectiva de los arquitectos y los ingenieros que la integran. Desarrolla estructuras organizativas y sistemas y procedimientos de gestión y de producción, multiplicando la capacidad y el alcance de la acción individual de sus ingenieros y arquitectos más allá de la suma de su talento y de sus capacidades y experiencias singulares. La empresa de ingeniería es fruto del espíritu moderno. Confía en el progreso y orienta el esfuerzo a la transformación racional del medio natural para mejorar las condiciones de vida de los hombres.

Somos lo que se conoce en los EEUU (cuya cultura empresarial nos sirve en muchos aspectos de espejo en el que mirarnos) como una consultora AEC (*Architecture, Engineering, Construcción*). Ese acrónimo simboliza en tres letras nuestro entorno, el mundo en el que operamos, nuestro *environment*, nuestro *Umwelt*, el medio en el que se desenvuelve nuestra acción.

2.2 El diseño

“Un cazador observa las caprichosas formas que la luz de la llama proyecta sobre las paredes de su cueva; se le ocurre perfilar con un tizón de la lumbre las imágenes que distingue en ellas: sus trazos revelan corzos, caballos, jabalís, búfalos...” [7].

En el diseño evocamos y revivimos siempre algo de ese momento originario.

Desde la abstracción técnica de la empresa consultora, el paisaje se ve como una compleja red de nodos y líneas. En nuestra jerga íntima hablamos de “*proyectos línea*” (las carreteras, los ferrocarriles, los canales), en los que la iniciativa y el rol dominante en el diseño corresponde a los ingenieros, y de “*proyectos punto*” (edificios o conjuntos de edificios), para cuyo diseño la iniciativa y el rol dominante corresponde generalmente a los arquitectos. Los “*proyectos línea*” están destinados a convertirse en las infraestructuras por las que nos movemos y por las que transportamos mercancías, energía e información (flujos de materia y energía); y los “*proyectos punto*” serán nuestros lugares de destino y estancia, los espacios construidos en los que trabajamos y vivimos, nuestro hábitat.

En TYPESA diseñamos obras de construcción de ingeniería y de arquitectura, hacemos proyectos de construcción. Precisando mejor las palabras, diferenciando entre el significado de *proyectar* y *diseñar*, diríamos que nuestra actividad consiste en hacer el diseño de los objetos (“*líneas*” y “*puntos*”) que otros proyectan construir. Objetos complejos, cuya construcción entraña procesos largos, complicados y costosos. Compensa en tales casos pararse a pensar por anticipado en el “*qué*”, “*como*” y “*cuando*”, y también en el “*cuanto*”, del objeto proyectado y su construcción; y hacer un diseño que plasme ese pensar de manera anticipada. Se persigue como resultado una mejor calidad, lograda con menos esfuerzo, en menos tiempo y a un coste inferior. Puede que no siempre compense, pero merece la pena intentarlo. Nadie se atrevería a poner en duda que mereció la pena, por ejemplo, pararse a pensar en lo que se podía hacer con la rueda.

La palabra *diseño* viene del latín *de-signare*, que es la acción de *de-signar* como identificación mediante el signo, pero que también es determinar un destino como *designio*. El verbo diseñar alude a lo que se deriva del signo, la presencia que se imagina y que se anticipa como representación.

El sinónimo griego más antiguo, del que proceden palabras como la española *esquema*, la inglesa *scheme*, o la alemana *erscheinen* (aparecer, revelarse, mostrarse), alude a la idea de algo que hubo y ya no está presente, una reminiscencia, la presencia de lo ausente [8].

Todos estos juegos de las palabras en torno al concepto de *diseño* apuntan a la distinción entre el objeto y su representación, la idea plasmada en signos del objeto que imaginamos o evocamos.

El *diseño* es el reverso de la caverna de Platón. En la alegoría de la caverna [9], los hombres forzados a mirar siempre al fondo de la cueva confunden la imagen de las sombras proyectadas en la pared con la realidad de los objetos cuya sombra se proyecta; en el *diseño*, se invierte el sentido de la acción: los objetos reales no existirán como tales hasta que no se construyan a partir de la sombra imaginada y representada mediante signos.



Fig. 2: Busto de Platón. Museo Vaticano

El momento del diseño comparte siempre algo de esas dos experiencias de direcciones inversas: el objeto nuevo diseñado siempre tiene presente reminiscencias, sombras de otros objetos recordados; y el cazador que dibuja animales en el techo de la cueva, al presentarlos, invoca su presencia futura, se prepara para la caza.

2.3 La práctica de diseñar

Diseñando, aunamos la imaginación creativa del arte y la voluntad pragmática de materializar las ideas, de actuar sobre el entorno, de construir la realidad.

El proceso del diseño es, en esencia, un proceso de producción y desarrollo de información; información que crece, se acumula, adquiere un orden creciente y aumenta de valor a medida que avanza el proceso hasta alcanzar su designio en la construcción material de lo diseñado.

Nuestros proyectos de ingeniería y arquitectura (el diseño de los proyectos) son (siempre han sido) modelos, en cuanto que representaciones a escala del objeto que se quiere construir. Sirven como referencia para el replanteo y la ejecución de las obras; también para planificar y programar los procesos sucesivos que permitirán construir esos objetos proyectados, materializarlos, y anticipar los medios que se van a necesitar y los costes de las operaciones a realizar.

La información que resulta como producto del proceso de diseño, el “proyecto técnico” de nuestra normativa española, se concreta en varios conjuntos de documentos íntimamente interrelacionados (lo que se conoce en inglés como *deliverables*), que, típicamente, se vienen a agrupar con arreglo al siguiente orden estructural:

- | | |
|----------------------------------------|---------------------------------|
| • Memoria (con sus Anejos y Apéndices) | <i>Narratives</i> |
| • Planos | <i>Drawings</i> |
| • Mediciones y Presupuesto | <i>Bill of Quantities (BOQ)</i> |
| • Pliego de Condiciones Técnicas | <i>Technical Specifications</i> |

La división del proyecto en estas partes o conjuntos parciales es convencional, pero se trata de una convención muy extendida y sobre la que existe un consenso muy generalizado. Las diferencias geográficas y culturales en cuanto al contenido de los proyectos, que son



muchas, no suelen afectar a esta descomposición en partes, sino a la manera de repartir la información entre ellas y al grado de precisión y detalle que se alcanza en cada una de ellas a lo largo de las sucesivas fases de desarrollo del diseño; también a la manera de fragmentar en fases el proceso y repartir entre las distintas fases el alcance y detalle del desarrollo.

Para producir y editar estos documentos utilizamos de manera combinada tres lenguajes, tres formas de expresión y comunicación de contenidos:

- Las letras (los *textos*, donde los signos son letras agrupadas en palabras, agrupadas en frases que componen descripciones escritas)
- Los números (signos que sirven para hacer cálculos y determinar cantidades)
- Los dibujos (signos gráficos de representación geométrica y simbólica, componiendo planos, que representan y describen la geometría de los objetos)

2.3 Medios instrumentales y equipos de diseño: antecedentes

En los últimos 25 años hemos sido testigos del rápido desarrollo y la generalización de la implantación de nuevos y poderosos instrumentos de asistencia al diseño puestos a nuestro alcance por el desarrollo tecnológico de las máquinas de procesamiento de datos y por los programas informáticos con los que operan (*hardware* y *software*). El tizón de la lumbre se ha visto sustituido por la cibernética.

Los programas informáticos desarrollados para su aplicación al *diseño asistido por ordenador* (*Computer Assisted Design, CAD*), se hicieron a imagen y semejanza de las distintas *actividades artesanales* que se desarrollaban típicamente en las oficinas de diseño por personal adiestrado en la práctica de cada una de ellas: las mecanógrafas escribían a máquina los textos dictados o manuscritos por los ingenieros y arquitectos, los calculistas hacían las cuentas, ayudados por tablas de datos y armados de paciencia y de más o menos primitivas máquinas e instrumentos de cálculo; los delineantes dibujaban manualmente los planos trabajando con regla y compás sobre los tableros de dibujo; luego, unos y otros determinaban y medían en los planos las distintas unidades en que se descomponían las obras; los ingenieros y los arquitectos marcaban las directrices y los criterios, y organizaban y supervisaban el trabajo. Proporcionalmente, había pocos ingenieros y arquitectos y mucho personal auxiliar de mecanógrafas, delineantes y calculistas.

Después de un tiempo de transición, caracterizado por la aparición de múltiples aplicaciones “originales” en competencia, y por la convivencia simultánea entre las maneras tradicionales de producir los documentos y los nuevos procesos nacidos de la aplicación de la nueva tecnología, se impusieron como dominantes unos pocos programas que venían a sustituir, replicándolas, a las actividades tradicionales. Ciñéndonos a alguna de las marcas más extendidas en nuestro entorno de entre las dominantes en el mercado de las aplicaciones informáticas:

- Para las *letras* (palabras-frases-textos), para describir y determinar con palabras el proyecto, en la Memoria, en los Anejos y en los Pliegos, se utilizan programas de tratamiento de texto, como el **Word**
- Para los *números* -para ordenar y contar cantidades, para hacer cuentas- se utilizan hojas de cálculo; como el **Excel**
- Para los *dibujos* -para dibujar los planos-, se utilizan programas de dibujo, como el **Autocad**

Los equipos de diseño tuvieron que adaptarse al cambio sobrevenido como consecuencia de la difusión generalizada del uso de las nuevas herramientas de *hardware* y *software*: las



mecanógrafas, los delineantes y los calculistas que no aprendieron a utilizarlas se quedaron sin trabajo; creció el número de ingenieros, arquitectos y disminuyó la proporción de personal auxiliar.

Aparecieron las máquinas cibernéticas de uso individual, los *personal computers*, los PCs, conectados a pantallas electrónicas de visualización, los monitores, y pasaron a constituir el elemento fundamental de un puesto de trabajo. Fueron desapareciendo los tableros y las mesas de dibujo.

2.4 El impacto de la evolución de los medios instrumentales sobre la organización del trabajo

Los nuevos instrumentos informáticos de diseño conducen a un incremento cuantitativo y cualitativo de la información de los proyectos, y los nuevos medios de comunicación de tecnología digital facilitan y, en la misma medida, también determinan, la tendencia a compartir más información, más precisa y más deprisa.

En el ciclo anterior de adaptación tecnológica, más allá de la peripecia de la obligada adaptación individual del personal que integraban los equipos de diseño a las nuevas tecnologías de la información, las empresas de diseño como TYPESA tuvieron que adoptar también cambios en sus políticas de personal y en su estructura organizativa. La continuidad y promoción del personal existente quedó condicionada por su capacidad de adaptación a las nuevas tecnologías; la selección de personal nuevo quedó condicionada por su mejor dominio de las mismas; fue necesario crear nuevas unidades “logísticas” para el desarrollo y mantenimiento de aplicaciones informáticas propias y para la adquisición, la gestión y el mantenimiento del *hardware* y del *software* operativo aplicado al tratamiento y la gestión de las *letras*, los *números* y los *dibujos* que integran nuestros proyectos.

Ahora, estamos en el comienzo de un nuevo ciclo de evolución tecnológica, en el que tenemos al alcance una nueva generación de aplicaciones informáticas mucho más desarrolladas, movidas por procesadores mucho más capaces y potentes.

En este nuevo ciclo, las aplicaciones informáticas están experimentando un salto cualitativo: ya no emulan las operaciones tradicionales del diseño, muy condicionadas por las limitaciones físicas de los hombres que las realizaban; ya no se basan en la imitación de los procesos artesanales de *escribir*, *calcular* y *dibujar*.

Las nuevas aplicaciones informáticas al servicio del diseño operan directamente sobre modelos virtuales que acumulan en un solo archivo información integrada e intervinculada de textos, representaciones gráficas y parámetros numéricos. El diseñador ya no necesita el dibujo como herramienta de diseño; no tiene ya que pasar por el proceso intermedio de hacer de manera sucesiva (y, casi siempre, reiteradamente) múltiples dibujos analíticos, sin lo cual no estaba en condiciones de identificar los problemas y adoptar sus decisiones. Ahora, el objeto del diseño está presente como un todo desde el principio, con características geométricas visualizables y analizables en vistas múltiples simultáneas desde la pantalla del ordenador, y con características descriptivas (*letras*) y paramétricas (cantidades, *números*) asociadas de manera interactiva con las características geométricas (*dibujos*). Partiendo de un primer modelo virtual muy elemental, el diseñador, con una capacidad de diseño multiplicada por la aplicación informática que maneja, va añadiendo datos cada vez más abundantes y precisos (datos numéricos, geométricos y literarios) y el modelo virtual acumula información y evoluciona rápidamente, adquiriendo complejidad.

En cualquier momento del proceso y mediante órdenes muy sencillas, la máquina proporciona cualquier dibujo del objeto, en 2D o en 3D, desde cualquier ángulo, en cualquier sección, en proyecciones planas o en perspectiva, visualizando u ocultando componentes a voluntad del diseñador.



Cualquier cambio introducido en el modelo mediante la modificación de cualquier característica geométrica o paramétrica en una de las vistas del modelo, se actualiza simultáneamente en todas las vistas; no hay que volver a *dibujar* los planos cuando se introduce un cambio; los planos son “vistas” predeterminadas del modelo: los *dibuja* la máquina automáticamente.

Los modelos virtuales pueden además *visitarse* virtualmente mediante aplicaciones de *navegación*, que simulan la visión subjetiva (del objeto virtual) mediante cámaras virtuales manipuladas desde el ordenador. Se puede trabajar simultáneamente sobre varios modelos de un mismo objeto (en un edificio, por ejemplo, la envolvente, la arquitectura interior, las estructuras, las diversas instalaciones...) y visualizarlos simultáneamente en un *programa de navegación* con el que se vinculan en tiempo real, de manera que el *navegador* que maneja el programa puede identificar los conflictos de interrelación y determinar las acciones correctoras.

También pueden iluminarse virtualmente o ensayarse virtualmente, haciendo simulacros de su comportamiento (su *performance*) en respuesta a acciones simuladas también virtualmente.

En lo que se refiere al impacto sobre las organizaciones -empresas y organismos privados y públicos- estas nuevas aplicaciones informáticas, puestas a disposición de los titulados superiores, les habilitan para operar con autonomía creciente, *escribiendo, dibujando y calculando* por sí mismos, sin necesidad de apoyarse en otros empleados menos cualificados.

2.5 El complejo iBIM

Los nuevos programas de modelización y de navegación (programas como el **Revit** y el **Navisworks**), integrados en plataformas interdisciplinares de diseño BIM (*Building Information Modeling*), son mucho más potentes que las herramientas clásicas de CAD (*Computer Assisted Design*) que emulaban los trabajos artesanales.

El BIM, ese nuevo modo dominante de diseñar, ya está en marcha y es imparable, es ya el presente. Y en el horizonte del futuro cercano está al alcance el iBIM (*integrated Building Information Modeling*): el iBIM consiste en la utilización y el intercambio de modelos compatibles (compartir información, *information sharing*) por parte de todos los agentes que intervienen en el proceso de generación y vida útil del objeto proyectado y construido (promotores, proyectistas, constructores, industriales y usuarios), y en la acumulación en esos modelos de la información, creciente y cambiante, durante las sucesivas fases del proceso.

En el mundo anglosajón –Estados Unidos y Reino Unido–, están en marcha planes estratégicos para lograr la difusión generalizada del iBIM en el Mercado de la Construcción. Grupos de trabajo ingleses y americanos han puesto en marcha una alianza estratégica para la implantación internacional del BIM [10]. En USA, bajo la dirección del US GSA (General Services Administration), integrado en el *US National Institute of Building Science*; en UK, impulsados por el *Government Construction Client Board* (UK GCCB).

En concreto, el UK GCCB ha desarrollado un Plan Estratégico (ver *Strategy Paper, March 2011* [11]) para alcanzar un determinado nivel de integración iBIM en el año 2016. El Plan prevé que a partir de ese año se exigirán determinados niveles de implantación iBIM como requisito indispensable para acceder a contratos gubernamentales relacionados con la Construcción.

Para hacer posible la evolución desde el uso discrecional de herramientas BIM hacia la aplicación de protocolos de uso integrado iBIM se han identificado y puesto en marcha diversas líneas de acción combinada que requieren la colaboración de las empresas y



organizaciones públicas y privadas que participan en el Mundo de la Construcción. Entre ellas se pueden señalar las siguientes:

- Desarrollo y adopción de nuevos estándares y procedimientos internacionales concurrentes para el intercambio de información, como los que contempla el Sistema **COBie** (*Construction Operation Building Information Exchange*)
- Desarrollo y adopción de nuevos modelos de contratos “*collaborative*” que incluyan cláusulas específicas para discriminar y regular el alcance y la responsabilidad de cada uno de los agentes concurrentes que intervienen, de manera simultánea o sucesiva, en la incorporación de datos a los modelos a lo largo de toda la secuencia de fases del proceso de diseño-ejecución-puesta en marcha-operación de la Construcción (*Design/Build/Operate*).
- Normalización de los formatos y contenidos de los “*deliverables*”, los documentos y conjuntos de documentos que se obligan a entregar los agentes como producto de su trabajo.

En el Continente Europeo también avanza imparablemente el proceso, pero con menos respaldo institucional. Los países europeos que más han avanzado en esa dirección (con más respaldo institucional) son los escandinavos, particularmente Finlandia, Noruega y Dinamarca.

3 CONCLUSIONES

El nuevo ciclo de incorporación de herramientas informáticas para el diseño BIM traerá como consecuencia un cambio de adaptación de nuestro medio, y no solo de nuestro entorno AEC (“*Architecture, Engineering, Construcción*”), sino de nuestro hábitat y de nuestro paisaje. Se pueden prever numerosas transformaciones, entre las que podemos destacar las siguientes:

- Evolución de los espacios en los que trabajamos:

Los espacios se adaptarán a los requisitos y a las prestaciones de las máquinas de diseñar. Las máquinas procesadoras de datos serán mucho más potentes, aunque la evolución de la tecnología de su fabricación permitirá seguramente que mantengan un tamaño similar al actual. Pero cambiará la manera de visualizar el diseño, y con ello, los monitores y su disposición. La posibilidad de tener presentes simultáneamente diferentes vistas y datos del objeto virtual que diseñamos, conduce a la utilización de varias pantallas en cada puesto de trabajo. No sería de extrañar que se produjera un cambio sustancial en la concepción de la manera de utilizar los monitores; al fin y al cabo, en la concepción actual de nuestra mirada hacia los monitores, sigue presente la imitación de la vista del papel sobre el tablero, y en esa manera de mirar cabe que se produzcan nuevos cambios: forma, tamaño y cantidad de monitores, posición respecto al espectador o los espectadores, etc.

Como consecuencia de la evolución de máquinas y monitores, reconsideraremos la ergonomía de los puestos individuales y la disposición de las agrupaciones de puestos, y tendremos que actualizar en consecuencia los estándares de requisitos espaciales de las oficinas de diseño.

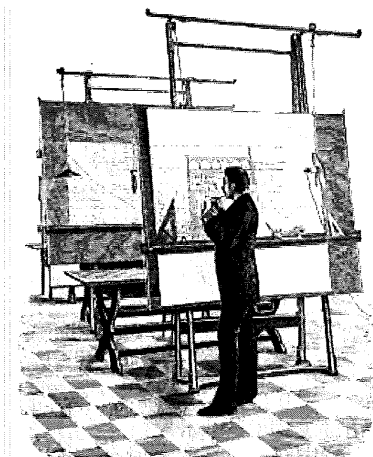


Fig.3. An architect at his drawing board, 1893. Wikipedia.org/wiki/Design (13/08/2009)

- Evolución de la organización del trabajo:

Como ya ocurrió en el ciclo anterior, de implantación del CAD, la nueva generación de máquinas cibernéticas proporciona mayor capacidad individual y mayor autonomía a cada diseñador. Como consecuencia, disminuirá un grado más la demanda del personal auxiliar destinado a realizar las tareas más mecánicas de los procesos de producción, que serán realizadas ahora por las máquinas, y aumentará la demanda de personal cualificado por su dominio de las aplicaciones informáticas innovadoras.

- Evolución de los procesos y centros de formación:

Los centros universitarios tradicionales tendrán que ponerse al día para preparar adecuadamente a los futuros arquitectos e ingenieros; en todo caso, surgirán nuevos centros especializados en la enseñanza práctica del manejo de las nuevas máquinas y el nuevo software.

- Cambiarán, en fin, los objetos construidos:

Cambiarán las casas, también las carreteras y otras infraestructuras; cambiará el paisaje construido. Se verá más en él la impronta de la cibernética. Sonará una música distinta.

Y cambiaremos nosotros.

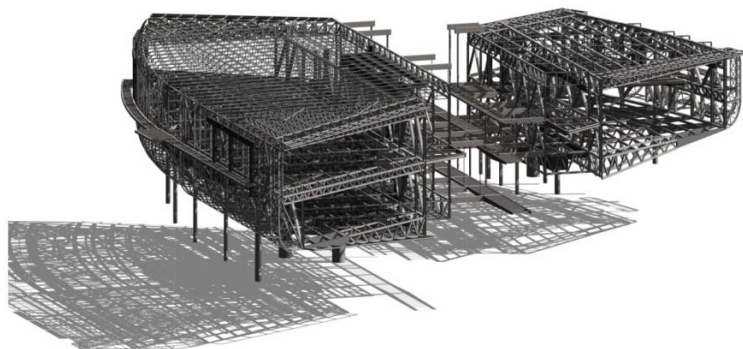


Fig.4. Estructura metálica del Centro Botín en Santander. Imagen obtenida de un modelo realizado en Revit AR. © TYPESA 2012

4 REFERENCIAS

- [1] FIDIC: Federación Internacional de Ingenieros Consultores. <http://fidic.org/>
- [2] Europengineers: "A Network of independent European Consultants and Engineers providing a comprehensive range of services throughout the world". <http://europengineers.com/>
- [3] Prigogine I. (1997): "En un sistema de evolución indefinida, la innovación es una fluctuación aceptada por el medio: no sería posible en un universo excesivamente coherente". En *¿Tan solo una ilusión? Una exploración del caos al orden*. Tusquets Editores, colección Metatemas, 4^a edición, julio 1997.
- [4] Eastman C. (2007). "What is BIM?". BIM Resources @ Georgia Tech. <http://bim.arch.gatech.edu/>.
- [5] Laiserin J (2005). "Building Smarter: An Interview With Jerry Laiserin". Ubiquity May 24-31 2005, <http://ubiquity.acm.org/>.
- [6] Heidegger M. (1969): "No hace falta ser profeta para saber que las ciencias que se van estableciendo, estarán dentro de poco determinadas y dirigidas por la nueva ciencia fundamental, que se llama Cibernética". El final de la Filosofía y la tarea del pensar (1969). Tiempo y ser, 5^a edición, Tecnos, 2011, pág. 98.
- [7] Villa González P. (2013). "La pintura rupestre". Recitativos de tiempo, EDICIONES VITRUBIO, Colección Baños del Carmen, nº324.
- [8] Terzidis K. The Etymology of Design: pre-Socratic Perspective. En MIT Press Journals, Design Issues, <http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/>
- [9] Platón. *La República*. Libro VII.
- [10] BuildingSMART Alliance. "The buildingSMART alliance™ is a unique organization helping to make the North American real property industry more efficient by leading the creation of tools and standards that allow projects to be built electronically before they are built physically using Building Information Modeling." <http://www.buildingsmartalliance.org/>. (10/abril/2013)
- [11] <http://www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/>



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

PATROCINADORES

