

EUBIM 2016

Congreso Internacional BIM / 5º Encuentro de Usuarios BIM
BIM INTERNATIONAL CONFERENCE

THE BIM AWAKENS

Valencia 20 y 21 de Mayo 2016

LIBRO DE ACTAS



Organizadores:



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Congreso Patrocinado por:



GENERALITAT VALENCIANA
CONSELLERIA D'EDUCACIÓ, INVESTIGACIÓ, CULTURA I ESPORT

Entidades Participantes:

GURV



ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR
ENGINYERIA
D'EDIFICACIÓ



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



DEPARTAMENTO DE EXPRESIÓN GRÁFICA
ARQUITECTÓNICA

DEPARTAMENTO DE
CONSTRUCCIONES
ARQUITECTÓNICAS



Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura



Cátedra UNESCO
Forum Universidad
y Patrimonio

www.EUBIM.com

Colección Congresos UPV

Los contenidos de esta publicación han sido evaluados por el Comité Científico que en ella se relaciona y según el procedimiento que se recoge en <http://www.eubim.com>

© Editores

Begoña Fuentes Giner
Inmaculada Oliver Faubel

© de los textos: los autores

© 2016, de la presente edición: Editorial Universitat Politècnica de València.
www.lalibreria.upv.es / Ref.: 6338_01_01_01

ISBN: 978-84-9048-525-5 (versión impresa)

DOI: <http://dx.doi.org/10.4995/EUBIM.2016.4244>



EUBIM 2016.

Se distribuye bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional. Basada en una obra en <http://ocs.editorial.upv.es/index.php/EUBIM/EUBIM2016>



PRESENTACIÓN

EUBIM 2016: 5ª Edición del único congreso científico sobre BIM que se celebra en España

Parece increíble que ya hayan pasado 5 años desde que EUBIM empezó su andadura. Una iniciativa que nació en las redes sociales, como consecuencia de la necesidad que teníamos los que ya estábamos trabajando en entornos BIM de reunirnos, contarnos qué estábamos haciendo, cómo lo hacíamos, qué problemas encontrábamos, etc.

La primera edición se conformó con un encuentro de usuarios BIM de España, donde todos los ponentes eran invitados por la organización para exponer sus conocimientos y trabajos ante el resto de asistentes. Sin embargo, ante el éxito que aquella convocatoria tuvo, surgiendo de la nada y cuando BIM era un perfecto desconocido para el sector de la construcción español, los organizadores decidimos darle el formato académico de congreso abierto (open conference) para las siguientes ediciones.

Era una decisión arriesgada, porque significaba abrir los contenidos del congreso a cualquier participante que tuviese algo que contar sobre BIM, siempre que lo hiciese desde una base científica, con rigor técnico y fundamento basado en la investigación y obtención de resultados. Y eso, en aquellos momentos de casi total desconocimiento de BIM en nuestro país, podía suponer el riesgo de no contar con contenidos de suficiente calidad como para ser merecedores de incluirse en un congreso científico. Nos equivocamos. La segunda edición de EUBIM, ya como congreso nacional BIM, fue la muestra más preciada en aquel momento por los investigadores en la materia de cuál era el estado del arte de BIM en España. Su libro de actas y los trabajos de los autores que fueron admitidos por el comité científico, se convirtió en documento de referencia y cita obligada para todo el que quisiera realizar una aproximación al grado de conocimiento y uso de BIM en nuestro país. Ese hito se confirmó en su tercera edición, donde el número de trabajos presentados a las distintas líneas temáticas y su calidad destacaron especialmente. De nuevo, el libro de actas de EUBIM 2014 se convirtió en uno de los documentos más descargados y consultados del repositorio institucional de la Universitat Politècnica de València en Internet.

La edición de EUBIM 2015 supuso un punto de inflexión fundamental en el desarrollo de BIM en nuestro país: por una parte, empezaba la re-evolución BIM en Europa, como consecuencia de la aprobación de la Directiva Europea sobre Contratación Pública (EUPPD 2014/24/EU) y su recomendación de utilizar BIM como metodología de desarrollo de proyectos de construcción financiados con fondos públicos. Por otra, se percibía ya una suficiente masa crítica de docentes universitarios y de formación profesional de la rama de construcción, que estaban incorporando BIM en la formación de los futuros profesionales y que empezaban a reclamar una necesaria coordinación y consenso de las metodologías docentes empleadas y su grado y proceso de implementación en los programas curriculares de los distintos estudios. Es por ello que la organización decidió dar otro salto cualitativo: convertirlo en congreso científico internacional. No tanto esperando comunicaciones de autores internacionales como sí siendo nosotros los que nos abríamos al resto del mundo, queriendo conocer qué se estaba haciendo en los países de nuestro entorno geográfico y económico, en qué estadio se encontraban con respecto a nosotros y cuál era el previsible camino a recorrer por todos.



Creemos que uno de los grandes hitos del pasado EUBIM 2015 fue la redacción consensuada y aprobación, por aclamación del plenario, del Manifiesto Académico BIM Español. Un documento donde la academia reclamaba la urgente necesidad de incorporar BIM a los planes de estudio del área de conocimiento de la construcción y que, además, proponía una hoja de ruta para conseguirlo.

Este Manifiesto ha ido recibiendo al apoyo de varias universidades españolas a lo largo de este año y ha supuesto el germen para el nacimiento del Foro Académico BIM Español, [es]FAB, agrupación de docentes que incorporan BIM a la formación reglada y cuyo objetivo principal será convertirse en un espacio de compartición de experiencias, discusión de estrategias y desarrollo de proyectos cooperativos encaminados a la incorporación real y efectiva de BIM como metodología de enseñanza-aprendizaje en los programas de estudio oficiales.

Inicialmente, EUBIM 2016 pretendía ser la edición de consolidación como congreso científico internacional (siguiendo la dinámica de las ediciones anteriores). Sin embargo, la creación en julio de 2015 de la Comisión BIM por parte del Ministerio de Fomento del Gobierno de España, ha hecho que nos centremos de nuevo en nuestro país y en los cambios y avances que el trabajo de esta Comisión y sus distintos Grupos de Trabajo pueden suponer para la definitiva implantación de BIM como metodología de trabajo en nuestro sector de la construcción. De ahí nuestro lema de este año, "El Despertar de BIM" (The BIM Awakens), como guiño cinematográfico al movimiento BIM que se está produciendo a nivel estatal y europeo.

Tanto el comité organizador como el científico de EUBIM 2016 confiamos en que esta 5ª edición suponga un nuevo hito en la expresión del estado del arte de BIM en nuestro país, y continúe siendo el principal evento y referente de las distintas iniciativas que para su divulgación y adopción se emprendan.

Por último, queremos dejar constancia de nuestro agradecimiento a los autores, patrocinadores y asistentes que, año tras año, hacen posible que EUBIM sea el primero y más longevo de los eventos BIM en España. Muchas gracias a todos y bienvenidos a EUBIM 2016.

El Comité Organizador de EUBIM 2016



COMITÉ INSTITUCIONAL

- Rector Magnífico de la Universitat Politècnica de València, D. Francisco J. Mora Mas.
- Presidente del Grupo de Usuarios Revit Valencia (GURV), D. Alberto Cerdán Castillo.
- Director de la ETS de Ingeniería de Edificación UPV, D. Francisco Javier Medina Ramón.
- Director de la ETS de Arquitectura UPV, D. Vicente Mas Llorens.
- Director del Departamento de Construcciones Arquitectónicas UPV, D. Manuel Valcuende.
- Director del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica, D. Pablo Navarro Esteve.

COMITÉ CIENTÍFICO

- Francisco Ballester Muñoz (Universidad de Cantabria)
- Alberto Cerdán Castillo (Consultor BIM)
- Eloi Coloma Picó (Universitat Politècnica de Catalunya)
- Joaquín Díaz Pascual (Universidad de ciencias aplicadas de Giessen)
- Giuseppe Martino Di Giuda (Universitat Politècnica de Milán)
- 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)
- 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)
- Augusto Mora Pueyo (Universidad de Zaragoza)
- Juan Luis Pérez Ordoñez (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



TEMAS DEL CONGRESO

Continuando con las líneas de investigación y divulgación que fueron tratadas durante el Congreso Nacional BIM (EUBIM 2013, 2014 y 2015), hemos recibido comunicaciones originales sobre:

1. BIM EN LA UNIVERSIDAD
2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON BIM
3. EXPERIENCIAS REALES CON BIM



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.

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. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON BIM

Evolución de la edificación y construcción, costes y presupuestos con el diseño en BIM. Algunos de estos aspectos se pueden gestionar con programas BIM, para optimizar los costes y el funcionamiento tanto de los inmuebles como de los servicios.

Las comunicaciones pueden incidir en cómo el BIM puede influir en los procesos de:

2.1 Costes, mediciones y presupuestos

En el ámbito del diseño y construcción con BIM destacamos los procesos de costes, mediciones y presupuestos.

2.2 Gestión de las TI

El uso del BIM para el mantenimiento de las infraestructuras tecnológicas y gestión de su información incluida su relación con otros elementos del edificio estructurales o no.

2.3 Gestión de los espacios

Ejemplo de ello es la necesidad actual de crear completos catálogos que permitan a los usuarios disponer de todos los servicios que pueden ser ofrecidos y soportados por la infraestructura, como la reserva de salas, petición de catering, gestión de plazas de aparcamiento, petición de mudanzas y traslados, gestión de llaves, gestión de visitas y un largo etcétera que varía según las posibilidades de cada organización.

2.4 El mantenimiento de los activos, mantenimiento preventivo y correctivo

Para planes de mantenimiento operativo (tareas que permiten mantener un activo funcionando y en un estado óptimo) o mantenimiento basado en el estado (y no de una periodicidad arbitraria) que permiten alargar los ciclos de vida de los activos, disminuyendo el número y la gravedad de incidencias, y a la larga, reducir los costes derivados de ellos.

2.5 Aplicaciones de las nubes de puntos

Escaneado y reproducción de espacios mediante nubes de puntos a aplicaciones BIM y su relación con el Facility Management.

2.6 Facility Management

Evolución del Facility Management gracias a la influencia del BIM y sus posibilidades.

2.7 Metodologías BIM al servicio del FM

Cómo el uso del BIM se convierte en una ventaja estratégica para la empresa de Facility Management.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

2.8 Propiedad y Legalidad en BIM

Aspectos legales y de Propiedad Industrial e Intelectual dentro de BIM.

2.9 Conexión de programas BIM con bases de datos y BMS

Posibilidades de conexión y beneficios prácticos que ofrece el uso del software BIM junto con diferentes bases de datos y por otra parte con building management systems o sistemas de gestión de edificaciones, domótica y automatización integral de inmuebles con alta tecnología basado en software y hardware de supervisión y control instalado en edificios.

2.10 El papel del BIM en las smart cities

Utilidades de la metodología BIM en las futuras Smart cities y el papel que puede desempeñar o cómo puede contribuir a conseguir ciudades súper-eficientes y sostenibles. Todo ello desde el punto de vista de cómo puede contribuir el BIM a una supervisión optimizada del espacio de la ciudad, a la relación interactiva y móvil entre sus habitantes o el desarrollo y promoción de nuevas formas de cooperación entre otros.

2.11 Normalización

Cualquier estudio o reflexión sobre aspectos o elementos que deban ser considerados en el desarrollo de los estándares para una implantación del BIM a nivel nacional. Como propuestas de estándares, formatos de intercambio, propuesta de documentos, opciones de digitalización, roles y perfiles profesionales, certificaciones, etc...

2.12 Programación Visual y Desarrollo de aplicaciones vía API

Estudios y aplicaciones de programación visual o desarrollo de aplicaciones via API en cualquier plataforma y con cualquier herramienta para BIM que facilite la manipulación de datos, el modelado de geometrías estándar o complejas, explorar opciones de diseño, automatizar procesos, y crear vínculos entre múltiples aplicaciones.



3. EXPERIENCIAS REALES CON BIM

Experiencias reales tras la utilización de BIM como metodología de trabajo, control de la información generada en relación a una construcción, durante todo su ciclo de vida. El uso del BIM 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 Coordinación entre diferentes agentes del proceso constructivo

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

3.4 Procesos

Nuevos procesos tras la utilización de BIM como metodología de trabajo en una empresa.

3.5 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.

3.6 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 Y PONENCIAS

1. BIM EN LA UNIVERSIDAD

PONENCIA POR INVITACIÓN: ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA FORMACIÓN BIM
Ponente: García Santos, Alfonso

- EXPERIENCIA DE IMPLANTACIÓN DE METODOLOGÍA BIM EN PLAN DE ESTUDIOS DEL MÁSTER UNIVERSITARIO DE EDIFICACIÓN DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA.
Autor: Cos-Gayon López, Fernando
- INTEGRACIÓN DE BIM EN ARQUITECTURA Y ARQUITECTURA TÉCNICA. ANÁLISIS DE LAS ÓRDENES ECI
Autores: Latorre, Asier; Sanz, Cristina; Sánchez, Bruno; Vidaurre, Marina
- IMPLEMENTACIÓN BIM EN LA ESCUELA POLITÉCNICA DE CUENCA, EXPERIENCIA PILOTO EN PROYECTOS TÉCNICOS 15-16
Autores: Valverde Cantero, David; Cañizares Montón, Josemanuel; Márquez Vega, Diego; Pérez González, Pedro Enrique; Peso Pascual, Roberto Joaquín
- ANÁLISIS PRELIMINAR AL DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LOS PROGRAMAS DOCENTES DE LOS ESTUDIOS DE GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA
Autores: Oliver Faubel, Inmaculada; Fuentes Giner, Begoña
- LAS NORMAS TECNOLÓGICAS DE LA EDIFICACIÓN COMO AYUDA A LA ADOPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA BIM EN ESPAÑA
Autor: Mora Pueyo, Augusto
- IMPACTO DEL BIM EN LA GESTIÓN DEL PROYECTO Y LA OBRA DE ARQUITECTURA: UN PROYECTO CON REVIT
Autor: Oya Sala, Tania
- MARCO DE IMPLANTACIÓN DE METODOLOGÍA BIM EN TITULACIÓN DE ARQUITECTURA
Autores: Agulló de Rueda, José; Jurado Egea, José; Liébana Carrasco, Oscar; Inglés Gosalbez, Beatriz
- SOBRE LA DIDÁCTICA DE BIM EN EL CURRÍCULO DEL ARQUITECTO: UN CASO DE ESTUDIO
Autores: Agustín Hernández, Luis; Sancho Mir, Miguel; Fernández-Morales, Angélica
- PLAN DE DESARROLLO DE COMPETENCIAS BIM PARA EL FUTURO INGENIERO CIVIL Y SU PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN EN GRADO
Autores: Vilardaga Rodrigo, Iván; López-Terradas Aparicio, Beatriz; Fernández Sánchez, Gonzalo; Liébana Carrasco, Oscar
- BIM EN EL DISEÑO PRELIMINAR DE INFRAESTRUCTURAS: UNA PERSPECTIVA DE PROFESIONALES DEL SECTOR
Autores: González de Chaves Assef, Paula; Martín-Dorta, Norena; Rodríguez-Castells, Raúl Luis



2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON BIM

PONENCIA POR INVITACIÓN: BIM. BE, IMAGINE, MANAGE

Ponente: Perucho Alcalde, Jesús

- HACIA UN MODELADO BIM A TRAVÉS DE LA NUBE Y CON DATOS ENLAZADOS
Autores: Costa Jutglar, Gonçal; Valderrama Rodríguez, Jesús; Jardí Margalef, Agustí
- APLICACIONES DE LA REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA EN EL TEATRO ROMANO DE SAGUNTO (VALENCIA, ESPAÑA)
Autores: Cos-Gayon López, Fernando; Cordón Llácer, Joan; Anquela Julián, Ana Belén; Bonet Edesa, Jesus Antonio
- OPEN BIM EN INFRAESTRUCTURAS AS-BUILT: LA GESTIÓN DE ACTIVOS CON SOFTWARE OPEN SOURCE A PARTIR DEL MODELO IFC
Autores: Rodríguez-Castells, Raúl Lluís; Martín-Dorta, Norena; González De Chaves Assef, Paula
- MÁS ALLÁ DEL BIM Y DEL CAD: DEL INTERNET DE LAS COSAS AL INTERNET DE LAS CASAS
Autores: Valderrama, Fernando; Díaz Pascual, Joaquín
- TÉCNICAS EN NUBES DE PUNTOS. HACIA LA ESTANDARIZACIÓN EN EL USO DE LAS NUBES DE PUNTOS EN BIM
Autor: Soria Campos, Antonio
- BIM APLICADO AL PROYECTO DE PUENTES
Autores: Giménez Vila, Javier; Pérez Caldentey, Alejandro
- CONEXIÓN DE BASES DE DATOS BIM CON BASES DE DATOS DOCUMENTALES PARA EL REGISTRO DE LOS BIENES PATRIMONIALES
Autores: García Valldecabres, Jorge Luis; Salvador García, Elena; March Oliver, Rubén
- ESCANEADO DE REALIDADES PARA GENERACIÓN DE MODELOS DE INGENIERÍA
Autores: Santamarta Martínez, Jaime; Gallo Salazar, Paula; Alonso Guinea, David; Martín Cuenca, Miguel Ángel
- FOCUS GROUP PARTICIPATIVO PARA VALIDAR EL MÉTODO DE REGISTRO MONUMENTAL HBIM
Autores: García Valldecabres, J. Luis; Jordán Palomar, Isabel; Salvador García, Elena
- VINCULACIÓN DE BASES DE DATOS A MODELOS BIM
Autores: Alarcón López, Iván; Martínez Gómez, David Carlos; Vidal Sant-Andreu, Sergio
- PRE-CONSTRUCTION ENVIRONMENTAL ANALYSIS WITH BIM
Autores: Di Giuda, Giuseppe Martino; Villa, Valentina



3. EXPERIENCIAS REALES CON BIM

PONENCIA POR INVITACIÓN: LA UNIDAD BIM EN CONSTRUCCIÓN

Ponente: Fernando Blanco Aparicio

- MODELADO DE EDIFICIOS COMO TECNOLOGÍA DE ASISTENCIA
Autores: Amat Gomariz, Guillermo; Ramos Álvarez Ángel
- SEGUIMIENTO DE INCIDENTES CON METODOLOGÍA BIM. UNA REVISIÓN A LOS FLUJOS DE TRABAJO ACTUALES Y UNA MIRADA AL FUTURO.
Autores: Malvar Gómez, Víctor; Moreno Barbero, Patricia
- PRIMEROS PASOS EN EL USO DE UN MODELO BIM PARA LA GESTIÓN DE OBRA
Autores: Pallas Espinet, Xavier; Pujol Villagrasa, Anna
- GESTION Y EXPLOTACION DE INMUEBLES MEDIANTE TECNOLOGIA BIM
Autores: Martínez Carrillo, Juan; Cayuela Rodríguez, Alfonso; Villamor, Miguel; Herranz, Araceli; Igual Muñoz, Fernando; García, Javier

EUBIM 2016

Congreso Internacional BIM / 5º Encuentro de Usuarios BIM

BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*



BIM EN LA UNIVERSIDAD

EXPERIENCIA DE IMPLANTACIÓN DE METODOLOGÍA BIM EN PLAN DE ESTUDIOS DEL MÁSTER UNIVERSITARIO DE EDIFICACIÓN DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

Cos-Gayon López, Fernando (1)

- (1) Arquitecto Técnico y Arquitecto. Profesor Titular Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación. Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad Politécnica de Valencia, fcogay@csa.upv.es

RESUMEN

La revolución tecnológica actual está suponiendo un cambio de paradigma laboral que precisa atención para, desde las Universidades, dotar de las competencias y destrezas necesarias a los nuevos profesionales. En el ámbito de BIM, surge como una perentoria necesidad la formación de la figura que coordine a todos los equipos que interactúan; el BIM MANAGER.

En el Máster Universitario de Edificación de la UPV se ha adaptado el plan de estudios para conseguir aportar al currículo de los alumnos una visión de la gestión BIM, con la implementación este curso de la asignatura “Gestión de Proyectos con BIM”

Se ha estructurado el trabajo de los alumnos en equipos multidisciplinares de Arquitectura, Instalaciones y Estructuras donde deben ejercer el papel de BIM Manager, utilizando software de detección de interferencias y planificación temporal, distribuyendo las incidencias, estableciendo el flujo de procesos, el liderazgo de los cambios y la coherencia del modelo final.

Se parte de un modelo arquitectónico en Autodesk® Revit™ propuesto por el grupo de Arquitectura, creando un espacio en Google® Drive™ para compartir la información, y se trabaja implementando las instalaciones y la estructura; se ha trabajado con reuniones de coordinación semanal, emulando el funcionamiento de los equipos profesionales.

Palabras clave: BIM, Manager, Docencia, Edificación.

ABSTRACT

Technological revolution is creating a working paradigm that requires attention from the university side, providing the necessary expertise and skills to the future professionals. In relation with BIM technology, the training of the person who should coordinate all interacting teams, the BIM MANAGER, is highly demanded.

The UPV Edification master has been adapted in order to contribute to the BIM manager skill of the students, this contribution has been realized by the introduction, this year, of the BIM Project Management subject.

The student work has been scheduled into multidisciplinary groups of Architecture, MEP and structures, where the BIM manager role will be developed by the use of

BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

interference detection and time Schedule software, distributing incidents, establishing the flow of processes, leadership changes and consistency of the final model.

The starting point is an Autodesk® Revit architecture model proposed by the Architecture group, a Google® DRIVE space is created in order to share information, MEP and structures are then implemented. Weekly coordination meetings have been scheduled, emulating the performance of a professional team.

Key Words: *BIM, Manager, Teaching, Edification.*

1 INTRODUCCIÓN

Una vez más, la realidad profesional se adelanta a la formación que los agentes intervinientes en el proceso arquitectónico y constructivo necesitarán para desempeñar adecuadamente las competencias precisas. No solo esto, sino que probablemente, incluso el marco normativo se anticipará a esta urgente formación técnica.

La coyuntura socio-económica que atravesamos desde hace algo más de ocho años ha supuesto una alteración absoluta de la supuesta “normalidad” de un sector. Literalmente, se ha desbaratado el mercado y con ello las funciones y desempeños de las empresas y profesionales.

Es en estos momentos cuando, fuera de la zona de confort, se arriesga, se innova, se reinventa. Y en ello estamos, ante un cambio de paradigma similar al que supuso la aparición del CAD, pero de más hondo calado, pues ahora no se trata de modificar la forma en que se “dibujan” los planos de un proyecto como ocurrió mediados los años 80, sino en una revolución integral del proceso proyectual y constructivo, que lo engloba todo.

Este durísimo ajuste del sector ha supuesto para los profesionales una catarsis que ya va para una década en la que no solo ha desaparecido la actividad tal como la conocíamos, sino que los roles de los agentes han cambiado, mutando hacia otras competencias y generando nuevas oportunidades con los nuevos perfiles profesionales asociados a la metodología BIM [1].

Y qué decir del impacto sobre las matrículas en las Escuelas Técnicas de nuestra Universidades. El tsunami que ha arrasado el sector de la construcción en España se ha llevado con él la mayoría de las vocaciones para desarrollarse profesionalmente en este sector.

Por ello, desde las universidades se están llevando iniciativas que consigan articular programas formativos que consigan que los egresados cuenten con esas competencias en BIM. Pero ciertamente, no se han adoptado estrategias conjuntas y estamos asistiendo a una implantación complementaria mas que un planteamiento general de las titulaciones que aborde el asunto de manera global.

2 OBJETIVOS

En el presente curso 2015-2016, el Máster Universitario en Edificación [2] de la Escuela Técnica Superior de la Edificación ha puesto en marcha la impartición de metodología BIM. Debido a que el Máster cuenta con dos especialidades, Gestión y Tecnología, con orientaciones muy distintas, se decide que el enfoque de ambas sea diferenciado. Así, en la especialidad de Gestión la asignatura es “Gestión de Proyectos con BIM”, y en la especialidad de Tecnología es “Metodología BIM”.

Para abordar la manera más efectiva de conseguir la formación del alumnado se ha optado porque en ambos casos se trate de una asignatura que dará una visión multidisciplinar de todas las fases de un proyecto, desde su concepción a su puesta en funcionamiento y mantenimiento. Será en la aplicación específica donde se definen los contenidos más ajustados a las dos áreas: En Gestión, con mayor dedicación a la planificación y organización; en Tecnología, orientando hacia el denominado 6D, con estudios de eficiencia energética y sostenibilidad del modelo.

3 PROPUESTA DOCENTE

Siguiendo el planteamiento desarrollado por Inmaculada Oliver Faubel [3], vinculando las fases de proyecto de los modelos tradicionales con los LOD de la metodología BIM y los contenidos curriculares, se ha planteado una propuesta para la implementación de BIM en el Máster Universitario en Edificación. Esto nos posibilita ir asignando contenidos a un determinado Nivel de Desarrollo del Proyecto e ir incorporando contenido de otras asignaturas.

NIVELES DE DESARROLLO DE PROYECTO			PROCESO BIM		MODELO TRADICIONAL
AIA (EEUU)	PAS 1192-2 (RU)	BSSCH (ESPAÑA)	DIMENSIONES BIM		MODELO TRADICIONAL
LOD 100	Brief	Necesidades y Objetivos	¿ Modelo		Anteproyecto
		Estudio de Alternativas			
LOD 200	Concept Definition	Diseño Inicial	3D BIM	6D BIM	Proyecto Básico
	Design	Diseño Detallado (1)			
LOD 400		Build and Comission (1)			
	Build and Comission (2)	Licitación y Contratación			
LOD 500	Handover and Close-out	Puesta en Funcionamiento	5D BIM	7D BIM	Libro del Edificio / Protocolo de Mantenimiento
			Operation and In-use		

Fig. 1.- Correspondencia LOD - Procesos BIM- Modelos tradicionales. 2015. Oliver Faubel, I. Tesis Doctoral “Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación: diseño de una propuesta.”, RiuNet10251/61294, UPV, València.

BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

En su momento, que esperamos y deseamos cercano, los alumnos que accedan a los másteres técnicos ya contarán con una formación en BIM que posibilitará profundizar en las competencias que les permitirán formarse como los nuevos agentes necesarios, esto es, BIM Manager, General BIM Manager, Coordinador BIM o Facilities Manager. Pero hasta entonces, precisaremos dedicar parte de la docencia en una formación básica que permita una comprensión global de la metodología BIM.

Por ello, los conocimientos mínimos de las herramientas de software precisas para trabajar el 3D BIM (desde LOD 100 a LOD 400) serán impartidos en ambas asignaturas, profundizado por áreas en 4D, 5D, 6D y 7D según la especialidad, como veremos más adelante.

Llegados a este punto, conviene reflexionar acerca del tiempo disponible para conseguir los objetivos de ambas asignaturas. En los dos casos, tenemos 3 créditos ECTS (30 horas de docencia) cada una.

Es evidente que no es viable un planteamiento que pretenda formar al alumno en cada uno de los programas específicos de manera exhaustiva. Por ello, se darán unas instrucciones básicas en cada uno para poder trabajar con un modelo, aportando al alumno las competencias necesarias para el autoaprendizaje.

Autoaprendizaje. Es que esto es, asimismo, parte importante de los objetivos de estas asignaturas, pues es algo inherentemente necesario en el entorno BIM, cuya obsolescencia es acusadísima debido a la esencia del mismo, el trabajo colaborativo, la investigación que conlleva y la consiguiente aplicación al software.

El acceso al conocimiento abierto en este, como en otros campos, es algo que debemos considerar cuando hacemos una propuesta en educación universitaria. Internet, la formación *on line* universitaria y, de manera general YouTube™, ha revolucionado el modo en que los alumnos acceden a los contenidos y referencias bibliográficas. Es otro de los cambios que están sacudiendo estructuras tradicionales, en este caso la de la docencia universitaria.

Nuestra propuesta es aprovechar ese canal permanentemente abierto, actualizado y gratuito, donde las empresas de software BIM, los Blogs y canales de YouTube™ especializados, vuelcan constantemente información. Tratándose de alumnos de postgrado, se hace urgente que tengan la autonomía personal para el autoaprendizaje, algo necesario en todas las etapas de la vida en este vertiginoso mundo. Será labor nuestra la orientación y la capacidad de relacionar los diferentes conocimientos adquiridos.

Hemos considerado, por tanto, que destinando un tiempo a la introducción en cada software, el método de aprendizaje planteado será el de Trabajo Colaborativo e Individual en un caso concreto. Y así, desde el primer día, se planteará con carácter previo el caso a realizar e irán adquiriendo las habilidades oportunas en cada programa aplicadas en el caso que servirá, asimismo, para la evaluación.

Con ello pretendemos una motivación más cercana a la realidad, que siempre es concreta, y huir de la formación teórica.

El caso planteado debe ser sencillo y suficientemente completo al mismo tiempo. Sencillo para no invertir demasiado tiempo en tareas repetitivas, como sería una edificación de gran envergadura, pero completo en cuanto a que se aborden los siguientes aspectos con la aplicaciones referenciadas. Para ello, se ha optado por un software determinado, y el criterio seguido para ello se ha basado en la accesibilidad del alumnado al mismo, bien sea en versiones disponibles en software UPV, o en versiones DEMO. En cualquier caso, lo importante no es la destreza en un software determinado, sino el flujo de trabajo que se establece entre ellos:

- Modelado Arquitectónico. Se opta por Autodesk®Revit™.
- Proyecto de Estructuras. Se utiliza Cype®.
- Proyectos de Instalaciones de salubridad, electricidad, climatización y solar. Se trabaja con Cype® y Autodesk®Revit MEP™
- Análisis de interferencias. Utilizando Autodesk®Navisworks™
- Planificación temporal de los trabajos de construcción. Autodesk®Navisworks™ y MS Project®.
- Vinculación del Presupuesto al modelo. Integración del coste, exponiendo el *pluginCost-It* de Presto™ de RIB® [7] para Autodesk®Revit™.
- Mantenimiento de Edificios. Se aporta conocimiento para la gestión del edificio terminado y su mantenimiento. Autodesk®Revit™ y Unreal®.

Estos requerimientos “troncales”, comunes a las dos asignaturas, se verán ampliados según la especialidad:

3.1 Asignatura “Gestión de Proyectos con BIM”

Dado que la especialidad de Gestión pretende dotar al alumno de herramientas y competencias que le permitan liderar las facetas técnicas, administrativas, comerciales y empresariales, así como la planificación y viabilidad de proyectos inmobiliarios y de construcción, apuntalaremos los aspectos generales BIM comunes descritos anteriormente con otros específicos:

- Gestión de la Construcción. Utilización de Google®Drive™ como plataforma documental para el equipo interdisciplinar, flujos de trabajo y planificación.
- Marketing de Proyecto. Desde el punto de vista de la empresa promotora, se han aportado herramientas para la presentación de proyectos con infografías y videos de calidad, a partir del modelado 3D. Se trabaja con Lumion®. Asimismo, se ha presentado la potencia de los *gameengines* para la aplicaciones interactivas comerciales, con software Unreal®.

3.2 Asignatura “Metodología BIM”

En la especialidad de Tecnología el enfoque es muy distinto, pues desaparece toda referencia a la gestión empresarial y comercial, para profundizar en las características constructivas, estructurales, de instalaciones, de durabilidad, de eficiencia energética y de conservación patrimonial. Por ello, nos centraremos en las herramientas siguientes:

- Autodesk®Revit MEP™. Tratamos con más detenimiento las posibilidades del trabajo colaborativo en los proyectos de Instalaciones.
- Autodesk®Revit™. Profundizando en nivel de detalle, trabajando el detalle constructivo.
- Estudios de soleamiento y eficiencia energética. Se exploran las posibilidades de Autodesk®Revit™ y aplicaciones específicas.

El caso propuesto se trabaja en cada asignatura de Instalaciones Eléctricas, Salubridad y Climatización, donde se realizan los cálculos pertinentes, y se trasladarán al modelo de manera transversal, según lo expuesto en el apartado siguiente.

4 DESARROLLO DE LAS CLASES

La cuestión fundamental en estos momentos iniciales de la docencia BIM es no confundir al alumno. No confundirlo poniendo el interés en el software, que es lo inmediato, para centrarlo en el método, en los flujos de trabajo necesarios. Desde el inicio, este debe ser un objetivo claro, pues llegarán multitud de programas, la mayoría deslumbrantes en cuanto a su potencial, que puede eclipsar la razón de ser de los mismos, esto es, ser herramientas para lograr un resultado global.

Por tanto, una primera clase de 3 horas se destina a presentar la realidad BIM, el modo de trabajo que supone y la organización de cada asignatura (la que corresponda a la especialidad elegida por el alumno).

Ese flujo de trabajo colaborativo lo evidenciaremos en la plataforma Google®Drive™, creando una cuenta, habilitando permisos de edición a todos los alumnos y creando las siguientes carpetas:

- BIM MANAGER
- ARQUITECTURA
- ESTRUCTURA
- INSTALACIONES ELÉCTRICAS
- INSTALACIONES SALUBRIDAD
- INSTALACIONES CLIMATIZACIÓN
- RECURSOS

Cada carpeta se corresponde con un grupo de alumnos, que desarrollarán las tareas descritas a continuación, y una que, a modo de repositorio, denominamos “Recursos”. Así pues, los grupos serán:

BIM International Conference

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016

- **BIM MANAGER.** Encargados de la coordinación y gestión del Proyecto. Serán los que vigilarán las interferencias, así como los que desarrollarán la planificación y el presupuesto. Utilizan Autodesk®Navisworks™. Será muy importante que los integrantes del grupo tengan formación en Liderazgo, pues serán los responsables de detectar las colisiones de elementos y poner en marcha su modificación. Esto puede suponer momentos de tensión debido a que algún grupo no quiera modificar sus trazados y haya que negociar, algo muy habitual en la vida real.

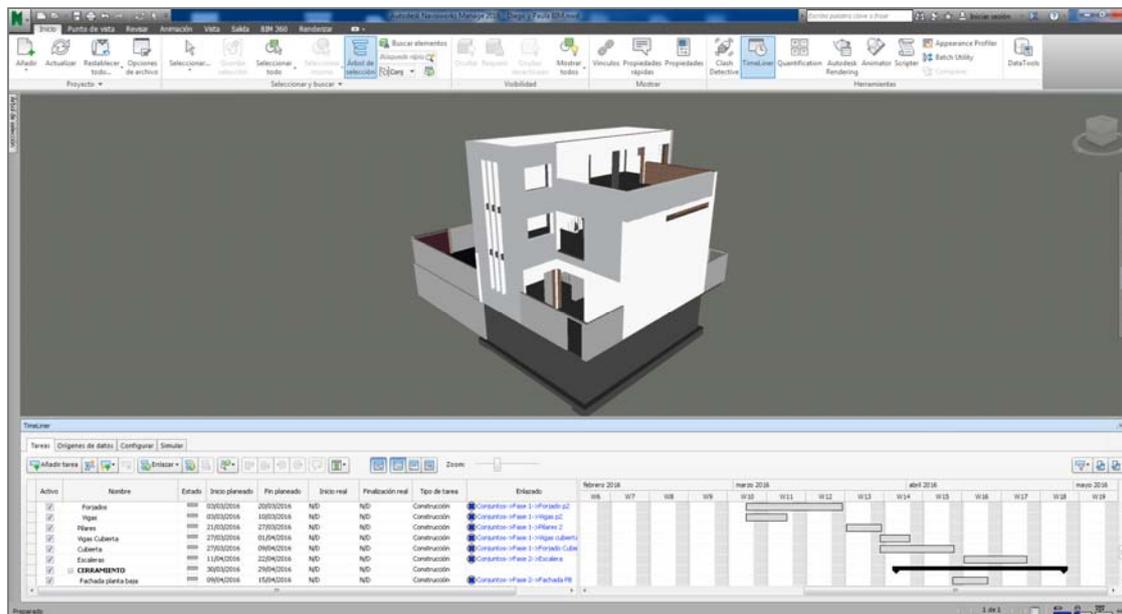


Fig. 2.- Planificación con Autodesk®Navisworks™, enlazando con MS Project®. 2015. Elaboración propia

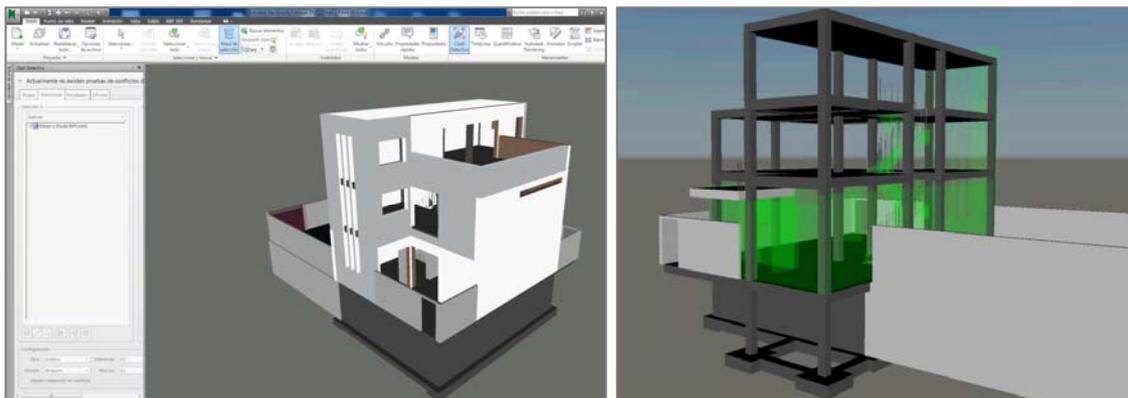


Fig. 3.- Planificación por equipo "Bim Manager" con Autodesk®Navisworks™, simulación temporal. 2015. Elaboración propia

- **ARQUITECTURA.** Responsables del modelado arquitectónico. Es el grupo que debe comenzar, y por ello, BIM MANAGER les lleva un seguimiento la primera semana para asegurar que en la clase siguiente ya se disponga del modelo en LOD100. Utiliza Autodesk®Revit™. Seguidamente, ya con el

resto de grupos trabajando en sus respectivas áreas, este equipo profundiza en el modelo hasta llegar a un LOD400.

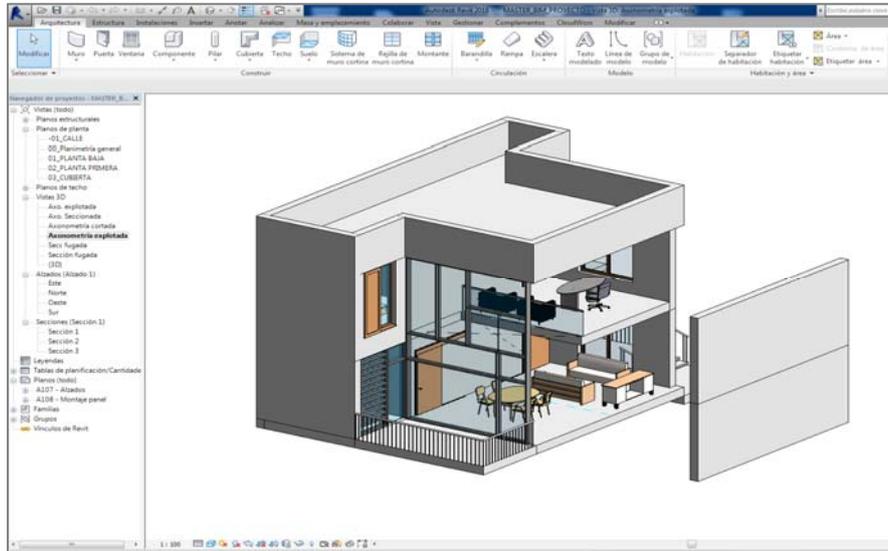


Fig. 4.- Modelado del proyecto por equipo "Arquitectura" con Autodesk®Revit™. 2015
 Elaboración propia

- **ESTRUCTURA.** Una vez tenemos modelo arquitectónico, comienza el trabajo de diseño de estructura y su cálculo. Realizado con Cypecad™ de Cype®. Dado el estado actual de intercambio de ficheros IFC, únicamente se puede exportar la geometría, incluyendo viguetas y bovedillas, pero no así los armados. Esto es un tanto frustrante, pues como se aprecia en la imagen, sí que existe el modelizado completo en Cypecad™. Esperemos que en futuras versiones se mejore esta compatibilidad.
- **INSTALACIONES ELÉCTRICAS.** Se trabaja con Cype MEP™. Aun cuando la compatibilidad con Revit™ no es la deseable, la adecuación a normativas regionales hace interesante el uso de Cype®.
- **INSTALACIONES SALUBRIDAD.** Se trabaja con Cype MEP™. De igual modo, la compatibilidad con Revit™ no es la deseable, la adecuación a normativas regionales hace interesante el uso de Cype®.
- **INSTALACIONES CLIMATIZACIÓN.** Se trabaja con Cype MEP™. Lo citado anteriormente, la compatibilidad con Revit™ no es la deseable, pero la adecuación a normativas regionales hace interesante el uso de Cype®. En la especialidad de Tecnología se ha utilizado también Autodesk®Revit MEP™ para profundizar en dicha instalación aplicando contenidos de asignaturas específicas.

BIM International Conference

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016

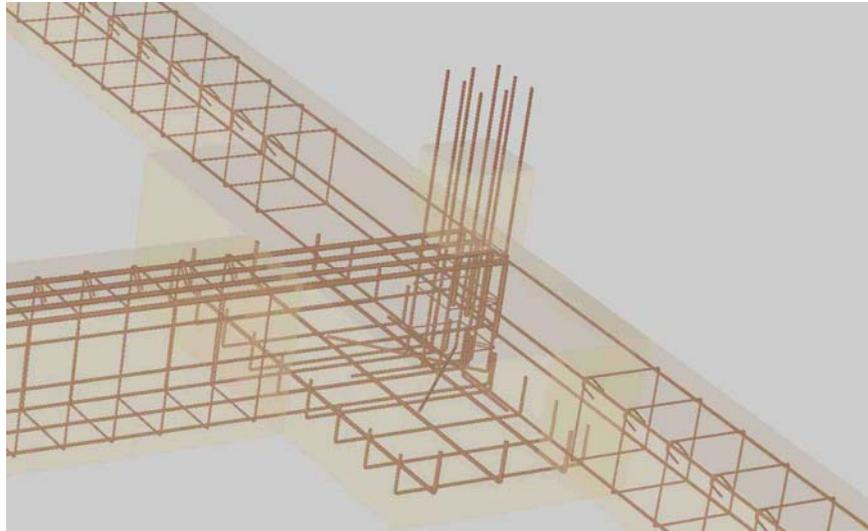


Fig. 5.- Detalle 3D de Cypecad™ con armado de zapatas y vigas cimentación, efectuado por equipo “Estructura”.2015. (Fte. Elaboración propia)

Todo este trabajo coordinado se va exponiendo en cada clase, y finalmente, el equipo BIM MANAGER presenta el proyecto global.

En cada Especialidad se profundiza según hemos apuntado anteriormente y, para asegurar el aprovechamiento personal de cada miembro de los equipos, los alumnos de ambas asignaturas entregan un ejercicio individual, consistente en una vivienda unifamiliar pareada de dos alturas, modelada en Autodesk® Revit™ LOD 100, exportación a Cypecad® para integrar la estructura en el modelo y exportación final desde Revit® a Lumion®, para generar un mínimo de 5 imágenes y un video.

5 CONCLUSIONES

Tras el primer semestre, en el que se impartió la asignatura “Gestión de proyectos con BIM” en la especialidad de Gestión, y en pleno desarrollo de docencia de “Metodologías BIM” en la de Tecnología, podemos avanzar lo siguiente:

1. El nivel de conocimientos previos en software BIM es determinante para la evolución del alumno, sin ser insalvable.
2. La visión y capacidades reales adquiridas por los alumnos han sido satisfactorias y les posibilitan el autoaprendizaje en BIM.
3. Es deseable involucrar al resto de asignaturas en este proceso, cosa que se plantea para el próximo curso 2016-2017. Ello implica un ajuste de las diferentes guías docentes, así como la coordinación de contenidos.
4. Para el curso siguiente se dará un paso más, planteando que estas dos asignaturas ganen créditos y tengan carácter de *Taller de Proyectos con BIM*, con la participación de profesores de otras asignaturas. La propuesta concreta para la nueva configuración de la asignatura para Gestión y la de Tecnología

está siendo objeto de trabajo a partir de las experiencias citadas en la presente comunicación, y se está concretando en reuniones de coordinación por áreas temáticas dentro del plan de estudios del Máster, con la integración de trabajos académicos de cada asignatura en esos futuros Talleres, en el que participarán dichos profesores completando la formación integral buscada, y evitando duplicidades de contenidos y sobrecarga de trabajos a los alumnos.

6 REFERENCIAS

- [1] Fuentes Giner, B. (2014). Impacto de BIM en el proceso constructivo español, 1a edn, Servicios y Comunicaciones LGV, Alcoi (Alicante).
- [2] Máster Universitario Edificación. (2016). <https://www.upv.es/titulaciones/MUE/>
- [3] Oliver Faubel, I. (2016). Tesis Doctoral "Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación: diseño de una propuesta.", RiuNet10251/61294, UPV, València.
- [4] Gallego Navarro, T. & Huedo Dorda, P. (2015). "Introducción del concepto Building Information Modeling (BIM) en el Grado en Arquitectura Técnica de la Universitat Jaume I", EUBIM 2015. Congreso Internacional BIM / Encuentro de usuarios BIM, Editorial UPV, València.
- [5] http://bimforum.org/wp-content/uploads/2011/02/BIM_Tools_Matrix.pdf
- [6] <http://strubim-suite.en.cype.com/>



INTEGRACIÓN DE BIM EN ARQUITECTURA Y ARQUITECTURA TÉCNICA. ANÁLISIS DE LAS ÓRDENES ECI

Latorre, Asier (1), Sanz, Cristina (2), Sánchez, Bruno (3), Vidaurre, Marina (4)

- (1) Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Navarra. alatorre@alumni.unav.es
- (2) Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Navarra. csanz@unav.es
- (3) Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Navarra. bsanchezs@unav.es
- (4) Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Navarra. mvidaurre@unav.es

RESUMEN

En los últimos años se ha vivido un periodo de incertidumbre alrededor de BIM, al dudarse de los beneficios de su implementación y su introducción definitiva en el sector. En este momento parece claro que BIM ha llegado a España para quedarse, tal y como evidencian los últimos acontecimientos; la creación de la Comisión BIM Nacional en julio de 2015 (así como movimientos similares en países como Francia o Alemania) o la del EUBIM Task Group. Esto ha provocado una mayor demanda de profesionales conocedores de la materia.

En la actualidad, BIM apenas se encuentra implementado en los contenidos docentes de los grados universitarios en Arquitectura y Arquitectura Técnica. En cambio sí existen másteres específicos al respecto. La necesidad de formación de los profesionales del sector y los recién graduados es muy significativa.

Por ello urge realizar una revisión de los planes de estudio vigentes para incorporar el aprendizaje con BIM. La presente comunicación tiene por objeto analizar las Órdenes ECI 3856 y 3855, del 2007, que detallan los requisitos, en cuanto a competencias, de los planes de estudios de Arquitectura y Arquitectura Técnica, planteando una propuesta para la incorporación de BIM en las materias que corresponda.

Palabras clave: *Arquitectura, Arquitectura Técnica, Normas ECI, Planes de Estudio*

ABSTRACT

Uncertainty about BIM has been common in recent years due to doubts about the advantages for its implementation within the Spanish Construction Industry. Right now, it is clear BIM has come to Spain to stay, as evidenced by the recent events; the creation of the National BIM Commission in July 2015 (and similar movements in countries like France and Germany) or the creation of the EUBIM Task Group. This context has led to increased demand for professionals familiar with the matter.

Nowadays, BIM is seldom implemented in teaching contents of university degrees of Architecture and Technical Architecture. However, there exist specific master degrees about this subject. The need for education for professionals and new graduates is very significant.

Therefore a review of existing education is urgent to incorporate learning with BIM. The goal of this article is to analyse ECI Acts, 3856 and 3855, published in 2007, which detail the requirements, in terms of competences, for Architecture and Technical Architecture syllabuses, posing a proposal for appropriately incorporating BIM in subsequent matters.

Key Words: Architecture, Curriculum, ECI Standards, Technical Architecture

1 INTRODUCCIÓN

La profunda crisis económica que ha sufrido España tras el estallido de la burbuja inmobiliaria ha golpeado con especial fuerza al sector de la construcción, que se ha visto forzado a analizar y reflexionar sobre la manera en la que se desarrollaban y gestionaban los proyectos, por cuanto las prácticas utilizadas en años anteriores no fueron siempre las mejores, tal y como evidencian los resultados de las encuestas realizadas [1], [2]. Desde hace ya más de 10 años, el BIM (Building Information Modeling) se comenzó a implementar en las universidades de los países pioneros en su uso, como EE.UU. En 2010, de un total de 103 universidades que habían implementado BIM, 75 estaban ubicadas allí [3]. En 2009, de las 45 universidades integrantes de la Asociación de Escuelas de Construcción de EE.UU solo un 9% impartía docencia en BIM [4].

Desde entonces la implementación de BIM en el entorno académico se ha extendido, realizándose de distintas maneras, ya que la metodología tiene potencial para introducirse transversalmente en el plan docente [3].

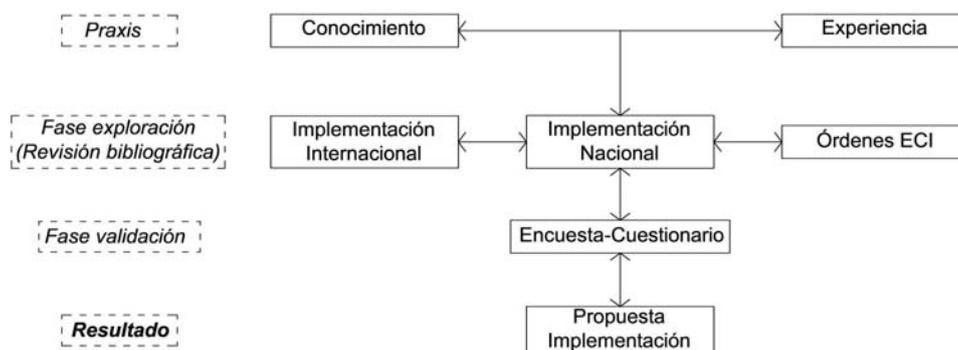


Fig.1. Metodología. 2016. Elaboración propia

El objetivo principal del presente artículo es establecer una propuesta de modelo de implementación de BIM en la universidad española ajustada al marco establecido por las órdenes ECI 3856 y 3855, de 2007, que detallan los requisitos, en cuanto a competencias, en lo relativo a los planes de estudios de Arquitectura y Arquitectura Técnica. Para ello, se han establecido los siguientes objetivos parciales: (1) Analizar la implementación a nivel internacional y nacional de BIM en la universidad y (2) analizar los requisitos y contenidos de las órdenes ECI.



Para lograr alcanzar los objetivos señalados, se ha seguido una metodología en dos fases (Figura 1): Fase 1 (exploración: revisión bibliográfica y análisis de la información recopilada) y Fase 2 (validación: realización de dos encuestas-cuestionario a una muestra representativa total de 180 profesionales del sector, para a partir de todo ello, validar el marco propuesto como susceptible de ser implantado en España).

2 CONTENIDO

2.1 Implementación de BIM en la universidad

2.1.1 Panorama internacional

El análisis de la situación internacional evidencia lo complicado que es establecer una única asignatura de BIM en el plan docente, ya que la metodología tiene potencial para implementarse integradamente en otras asignaturas, y esto dificulta su implantación [3]. Por ello, es más importante tener claro el concepto que el uso y manejo de las herramientas informáticas que conlleva [3]. El alcance de la formación BIM depende del contexto de cada universidad y sus objetivos, pudiéndose enseñar de diferentes formas, siendo lo más importante que la formación tenga una continuidad [5].

Los principales obstáculos que la universidad debe superar para incorporar a los planes vigentes la formación en BIM de los estudiantes de grados técnicos son tanto intrínsecos o internos como extrínsecos, inherentes a conceptos esenciales de la metodología y derivados del manejo de herramientas informáticas que requiere (figura 2). Para vencer estas dificultades, es necesaria la colaboración a tres niveles: profesorado, plan docente y universidad.

En cuanto a la implementación en la universidad, pueden hacerse una clasificación de dos tipos: en función del momento en que se incorpora BIM a la docencia (curso académico) o del nivel de colaboración entre los alumnos que se alcanza. [3], [6]. En el primer caso caben dos opciones, impartir la docencia al inicio o final del grado, o bien hacerlo a lo largo de todos los cursos [6] (figura 3). En el segundo caso, en función del nivel de colaboración que se establezca: únicamente entre alumnos de un mismo grado, entre los de distintos grados de una misma universidad, o entre grados de distintas universidades [3].

En función de las especificidades de los grados técnicos, según Barison y Santos [6] caben 8 formas distintas de implementar BIM: Representación gráfica digital, workshops, proyectos, cursos BIM, tecnología de construcción, gestión de construcción, tesis y prácticas internas.

La tabla 1 recoge diversas formas de implementación en varias universidades.



Fig. 2. Obstáculos a BIM en entornos universitarios. 2011. Adaptación de Barison&Santos [6]

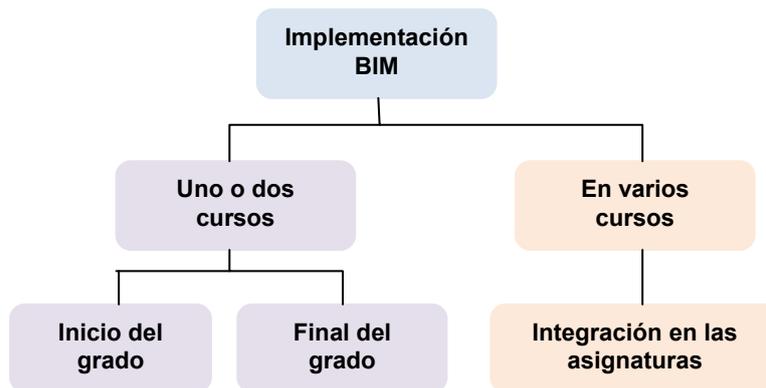


Fig. 3. Clasificación según momento implementación. 2011. Adaptación de Barison&Santos [6]

2.1.2 Panorama Nacional

Una vez analizada la implementación BIM en universidades internacionales, se procede a examinar la situación en España. Una de los primeros aspectos identificados es el escaso grado de implementación BIM en la universidad española [14], [15], constatado ya en 2013 por Liébana&Agulló [16] al señalar entonces que la implementación estaba siendo lenta. Dos años más tarde, Maldonado&Valderrama [14] confirmaban la reacción tardía de la universidad española.

Tabla 1. Implementación BIM en universidades internacionales. 2016. Elaboración Propia

Universidad	País	Año	Forma de implementación
Rangsit University [7]	Tailandia	2010	En el primer curso se forma en el manejo de las herramientas y método de trabajo a los alumnos.
Penn State University [8]	EE.UU.	2010	Proyecto educativo independiente: Se seleccionan 18 alumnos de 3 grados distintos (6 de cada) formando equipos de trabajo multidisciplinares que desarrollan un modelo completo.
Queensland University of Technology [9]	EE.UU.	2009	En la asignatura Tecnología y Ciencia (segundo semestre de cuarto de Arquitectura), se imparte formación en BIM durante 13 semanas (1 hora de teoría y 2 de prácticas/semana), elaborando los alumnos un modelo.
Hubei University of Technology [10]	China	2007	Durante el primer curso los alumnos se forman en el manejo de las herramientas, y en cursos posteriores profundizan en el método colaborativo.
University of British Columbia [11]	Canadá	2011	Plan de formación para alumnos investigadores, mediante prácticas en empresas en las que realizan modelo específicos BIM.
McGill University [11]	Canadá	2011	En Arquitectura se forman equipos de trabajo, en los que los estudiantes deben desarrollar un modelo, contando con la colaboración del promotor y el constructor, que valoran la propuesta final.
Colorado State University [12]	EE.UU.	2010	Se comienza enseñando el manejo de las herramientas en primero, y posteriormente se desarrollan módulos específicos BIM (estructuras, MEP, sostenibilidad, mediciones, etc.) formándose en el método de trabajo colaborativo.
Coventry University [13]	R.U.	2013	El primer año se enseña el manejo de la herramienta y el método de trabajo colaborativo y en cursos posteriores se profundiza en el conocimiento de BIM y el trabajo colaborativo.

De ello se deriva la situación actual en la que se encuentran los recién graduados y los profesionales del sector, que carecen no solo de formación sino en mucho en muchos casos de información sobre la metodología BIM [6], [17]. Las encuestas realizadas [1], [2] refuerzan este punto.

El retraso en la implementación en los grados se ha solventado en parte con formación BIM en postgrados y títulos propios, impartida tanto por algunas universidades como por empresas privadas.

Cabe señalar que la introducción de formación BIM en la universidad española ha comenzado en los grados de Arquitectura Técnica pioneros, frente a otros grados técnicos como Arquitectura o el resto de Ingenierías.

Al igual que se ha realizado con la universidades internacional, se adjunta a continuación en la tabla 2 las formas de implementación de algunas universidades españolas ya sea en grados y/o postgrados.

Tabla 2. Implementación BIM en universidades españolas. 2016. Elaboración Propia

Universidad	Año	Forma de implementación (grado/postgrado)
Universidad de Cartagena [18]	2014	Grados Arquitectura y Edificación: Trabajo optativo en asignatura Instalaciones II
Universidad Politécnica Madrid [14]	2014	Hasta entonces, cursos complementarios de manejo de herramienta organizados por delegación estudiantes. Posteriormente creación postgrado en BIM estructurado en dos bloques: Herramientas/Metodología y Gestión de proyectos.
Universitat Politècnica de Catalunya	2012	Postgrado: Formación en diversas herramientas, metodología de trabajo y la gestión de proyectos.
Universidade da Coruña	2016	Hasta entonces, ídem que la UPM Postgrado: dos tipos organizados en colaboración con la UPV: Máster de 70 créditos, y diploma de especialización de 30.
Universidad de Alicante [19]	2015	Curso complementario de manejo de Revit (20 horas: 5 sesiones de 4 horas)
Universitat Jaume I[15]	2015	Grado Edificación: Proyecto dirigido de 3º, en el que se desarrolla un modelo BIM, aplicando los conocimientos adquiridos durante en todas las asignaturas del curso.
Universidad Europea de Madrid [16]	2013	Postgrado.

Además de estos grados y postgrados, cabe destacar cursos realizados por entidades privadas como el postgrado BIM del IDESIE o Zigurat. Además, la Universitat Politècnica de Valencia creado este año el máster en Gestión de información de la construcción BIM, en colaboración con la Universidade da Coruña. Otras, como la Universidad de Navarra y la Universitat Politècnica de Catalunya han puesto en marcha cursos de formación profesional oficial en BIM y Archicad en colaboración con SIMBIM.

2.2 Órdenes ECI

Las órdenes ECI 3855 y 56 regulan en España el contenido de los planes de estudio de Arquitectura Técnica y Arquitectura [20], [21]. En las tablas 3 y 4, los aspectos más significativos, y en la tabla 5 los módulos básicos.

Tabla 3. Orden ECI/3855/2007 (Arquitectura Técnica). 2016. Elaboración Propia

OBJETIVOS
Dirigir la ejecución material de las obras de edificación, de sus instalaciones y elementos, llevando a cabo el control cualitativo y cuantitativo de lo construido.
Redactar estudios y planes de seguridad y salud laboral.
Llevar a cabo actividades técnicas de cálculo, mediciones, valoraciones, tasaciones y estudios de viabilidad económica.
Elaborar los proyectos técnicos.
Gestionar las nuevas tecnologías edificatorias.
Dirigir y gestionar el uso, conservación y mantenimiento de los edificios.
Asesorar técnicamente en los procesos de fabricación de materiales.
Gestionar el proceso inmobiliario en su conjunto.

Tabla 4. Orden ECI/3856/2007 (Arquitectura). 2016. Elaboración Propia

OBJETIVOS
Aptitud para crear proyectos arquitectónicos que satisfagan a su vez las exigencias estéticas y las técnicas.
Conocimiento adecuado de la historia y de las teorías de la arquitectura.
Conocimiento de las bellas artes como factor que puede influir en la calidad de la concepción arquitectónica.
Conocimiento adecuado del urbanismo.
Capacidad de comprender las relaciones entre personas y los edificios.
Capacidad de comprender la profesión de arquitecto.
Conocimiento de los métodos de investigación y preparación de proyectos de construcción.
Comprensión de los problemas de la concepción estructural, de construcción y de ingeniería vinculados con los proyectos de edificios.
Conocimiento adecuado de los problemas físicos.
Capacidad para satisfacer los requisitos de los usuarios del edificio.
Conocimiento adecuado de las industrias, organizaciones y normativas.

2.3 Propuesta de modelo Implementación de BIM

Antes de detallar el modelo propuesto, destacar los siguientes puntos:

- Dado que a nivel nacional apenas se imparte formación BIM en los planes de estudio de grado vigentes, los autores en la propuesta se han apoyado en las conclusiones del análisis a nivel internacional realizado.

Tabla 5. Módulos mínimos planes de estudio (Orden ECI/3855 y 56). 2016. Elaboración Propia

ARQUITECTURA TÉCNICA			ARQUITECTURA		
Módulo	Contenido	Créditos	Módulo	Contenido	Créditos
Formación básica	Fundamentos científicos	60	Propedéutico	Ciencias básicas y dibujo	60
	Expresión gráfica		Técnico	Construcción estructuras e instalaciones	68
	Química y geología		Proyectual	Composición proyectos y urbanismo	112
	Instalaciones				
	Empresa				
	Derecho				
Específico	Expresión gráfica	108	Proyecto fin de grado		
	Técnicas y Tecnología de la Edificación				
	Estructuras e Instalaciones de la Edificación				
	Gestión del proceso				
	Gestión Urbanística y Economía aplicadas				
	Proyectos Técnicos				
Proyecto fin de grado		12			
Total		180	Total		240

- De las formas de implementación del BIM antes citadas, a criterio de los autores las más acertadas son las implementadas en las universidades de Rangsit [7], Hubei [10], Colorado [12] o Coventry [13].
- Las órdenes ECI se estructuran en dos bloques: uno de contenidos (formación básica) y otro específico (profundización en determinados aspectos).

Teniendo en cuenta estas cuestiones, el modelo propuesto se articula en dos fases:

En la primera, siguiendo el modelo aplicado en universidades internacionales, se propone la introducción de BIM desde el primer curso, formando a los alumnos inicialmente en el manejo de herramientas y en los principios del trabajo colaborativo y flujo BIM. Dado que en



el entorno europeo los gobiernos están optando por dejar a criterio de los técnicos la herramienta a utilizar, se considera lo más acertado incluir todas las herramientas existentes en el mercado, pero esta cuestión queda a criterio de cada universidad. Esta propuesta encaja dentro del marco regulador de las órdenes ECI como sigue:

- En el plan de estudios de Arquitectura Técnica [20], incluyendo esta docencia en el módulo de formación básica, apartado *Expresión Gráfica*.
- En el de Arquitectura [21], dentro del módulo propedéutico.

En la segunda fase, una vez formados los alumnos en el uso y manejo de las herramientas, siendo ya conocedores de la metodología colaborativa de trabajo, se propone la integración en cada asignatura del plan del BIM tanto como recurso de apoyo a la propia docencia de sus contenidos como para la profundización de lo relativo a éstos del modelo BIM. Cuestiones novedosas en relación a contenidos que implica BIM como introducir 5D, podrían ser asumidas por asignaturas como Mediciones y Presupuestos o Gestión de Obra. Dado que el mejor proceso de aprendizaje de BIM es elaborar primero un modelo de un edificio existente de pequeña envergadura, para a continuación elaborar el de la rehabilitación/ampliación de otro de mayor dimensión y finalmente culminar el proceso con un modelo de un proyecto de obra nueva de cualquier envergadura, esta cuestión debería tenerse en cuenta en el desarrollo de los contenidos teóricos y prácticos de las asignaturas de los planes de estudios.

Así, en cada curso académico a partir de segundo, los alumnos deberían realizar un proyecto en grupo en el que pongan de manifiesto los conocimientos adquiridos durante el año, apoyándose en un modelo BIM, de manera similar a como funciona la Universitat Jaume I [15]. De esta manera, los alumnos se introducen en el trabajo colaborativo. Al igual que con la primera fase, esta segunda también es compatible con el contenido de las órdenes ECI:

- En el plan de estudios de Arquitectura Técnica [20], el módulo específico contiene formación en técnicas de construcción, estructuras, instalaciones o gestión del proceso, donde se podría implementar esta segunda fase de implementación BIM.
- En el de Arquitectura [21], la propuesta encaja dentro del módulo técnico, donde se imparten docencia en construcción, estructuras e instalaciones.

En el proyecto fin de grado, el obstáculo que supone la necesidad de evaluar individualmente el trabajo del alumno podría solventarse constituyendo equipos de alumnos que elaboren un modelo completo en el que cada uno de ellos sería responsable de la autoría de un proyecto parcial específico de la estructura, la construcción o las instalaciones, siendo evaluados tanto individualmente en relación con esta parte del modelo, como colectivamente en función de la calidad total del modelo final realizado en equipo. De esta manera, los estudiantes de grado sí tendrían formación, conocimiento y experiencia en trabajo colaborativo en BIM, y se solventaría el problema detectado en la revisión bibliográfica [1]–[4], [6], [17].



3 CONCLUSIONES

El momento actual que vive BIM de gran actividad y propuestas por parte de las autoridades tanto europeas como estatales no se corresponde con el grado de conocimiento que poseen los profesionales del sector o los recién graduados. Los últimos acontecimientos que se han producido a raíz de la publicación de la Directiva Europea 2014/24 sobre contratación pública, como la creación de la comisión BIM en España (y movimientos homónimos en otros países europeos) o el BIM Task Group hacen necesario que los profesionales no solo hayan oído hablar sobre BIM, sino que sepan utilizar las herramientas requeridas y conozcan en profundidad el método de trabajo colaborativo que requiere.

En esta circunstancia, urge fomentar la introducción de BIM desde las primeras etapas de la formación universitaria, de manera que los profesionales recién graduados contribuyan a solventar el retraso del sector de la construcción española con respecto a los de otros países y para ello urge disponer de guías y directrices que complementen el contenido de las órdenes ECI, lo que supone que el Ministerio de Educación debería incorporarse activamente al trabajo sobre BIM que ya ha puesto en marcha el Ministerio de Fomento con la constitución de la comisión al respecto.

Actualmente existen varios postgrados que llenan el vacío educacional entorno al BIM, pero se necesita avanzar un poco el periodo de formación, y que éste se reciba durante los estudios de grado.

La propuesta elaborada pretende ser una ayuda a la introducción a la implementación de BIM en los grados universitarios, que esté actualizada a las acciones formativas que se están llevando a cabo en otros países con mayor tradición BIM, y que a su vez cumpla con los requisitos legales de la formación universitaria en España.

4 REFERENCIAS

- [1] A. Latorre, "Filosofía Lean en la construcción." UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA, Valencia, 25-May-2015.
- [2] B. Sánchez, "GESTIÓN DE OBRAS DE EDIFICACIÓN: UN MODELO PARA LA INTEGRACIÓN DE LA DISCIPLINA DE PROJECT MANAGEMENT MEDIANTE UN ENFOQUE DE SISTEMAS," Universidad de Navarra, 2016.
- [3] M. B. Barison and E. T. Santos, "BIM teaching strategies: an overview of the current approaches," in *ICCCBE 2010 International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*, 2010.
- [4] A. Nejat, M. M. Darwish, and T. Ghebrab, "BIM Teaching Strategy for Construction Engineering Students," in *2012 ASEE Annual Conference*, 2012, pp. 25.262.1–25.262.13.
- [5] L. Koskela, "Teaching BIM and Lean Construction at the University of Huddersfield and at Aalto University," 2015.
- [6] M. B. Barison and E. T. Santos, "BIM TEACHING: CURRENT INTERNATIONAL TRENDS," *Gestão e Technol. Proj.*, vol. 6, no. 2, pp. 67–80, 2011.



BIM International Conference

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016

- [7] W. NAKAPAN, "CHALLENGE OF TEACHING BIM IN THE FIRST YEAR OF UNIVERSITY." 2011.
- [8] R. Holland, J. Messner, K. Parfitt, U. Poerschke, M. Pihlak, and R. Solnosky, "Integrated Design Courses Using BIM as the Technology Platform," in *Academic Best Practices/Implementing BIM into Higher Education Curriculum, National Institute of Building Sciences, Annual Meeting/EcoBuild America Conference.*, 2010.
- [9] D. Nielsen, M. Fleming, and A. C. Kumarasuriyar, "An innovative learning model for teaching architectural technology using building information modelling : a Queensland University of Technology perspective." International Association of Technology, Education and Development (IATED), 23-Jul-2009.
- [10] X. Lv, Y. Huang, and Y. Zou, "Study on BIM Technology Teaching Under The Background of Three-dimensional Design," in *2nd International Conference on Science and Social Research (ICSSR 2013)*, 2013.
- [11] D. Forgues, S. Staub-French, and L. M. Farah, "Teaching Building Design and Construction Engineering. Are we ready for the paradigm shift?," *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association.* 23-Jun-2011.
- [12] C. M. Clevenger, M. Ozbek, S. Glick, and D. Porter, "Integrating BIM into Construction Management Education," in *The BIM--Related Academic Workshop.*, 2010.
- [13] D. McGough, A. Ahmed, and S. Austin, "INTEGRATION OF BIM IN HIGHER EDUCATION: CASE STUDY OF THE ADOPTION OF BIM INTO COVENTRY UNIVERSITY'S DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND BUILDING," in *Architecture and Building, in of the Sustainable Building and Construction Conference SB13, Coventry University (pp. 3-5).*, 2013.
- [14] E. Maldonado Plaza and F. Valderrama, "ESTUDIOS DE POSTGRADO BIM: FORMACIÓN ESPECIALIZADA PARA UNA METODOLOGÍA EN ALZA," in *EUBIM 2015. Congreso Internacional BIM/Encuentro de usuarios BIM.2*, 2015, pp. 71–81.
- [15] T. Gallego Navarro and P. Huedo Dorda, "INTRODUCCIÓN DEL CONCEPTO BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) EN EL GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA DE LA UNIVERSITAT JAUME I," in *EUBIM 2015. Congreso Internacional BIM/Encuentro de usuarios BIM.*, 2015, pp. 102–112.
- [16] O. Liébana and J. Agulló de Rueda, "INTEGRACIÓN DE METODOLOGÍA S-BIM EN MÁSTER UNIVERSITARIO OFICIAL DE ESTRUCTURAS EN EDIFICACIÓN," in *EUBIM 2013. Congreso Internacional BIM/Encuentro de usuarios BIM*, 2013.
- [17] R. Sacks and R. Barak, "Teaching Building Information Modeling as an Integral Part of Freshman Year Civil Engineering Education," *J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract.*, vol. 136, no. 1, pp. 30–38, Jan. 2010.
- [18] A. Pérez Egea, E. J. Martínez Conesa, and J. A. Guillen Martínez, "INS_TALLER. EXPERIENCIA INTEGRADORA BIM EN LAS ENSEÑANZAS DE GRADO Y POSTGRADO DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA," in *EUBIM 2015. Congreso Internacional BIM/Encuentro de usuarios BIM.*, 2015, pp. 32–39.
- [19] B. Piedecausa-García, J. M. Mateo-Vicente, and J. C. Pérez-Sánchez, "ENSEÑANZA DE SISTEMAS BIM EN EL ÁMBITO UNIVERSITARIO," in *EUBIM 2015. Congreso Internacional BIM/Encuentro de usuarios BIM.*, 2015, pp. 93–101.
- [20] BOE, *Orden ECI/3855/2007*. España: BOE N°312 de 27 diciembre 2007, 2007, pp. 53739–53742.
- [21] BOE, *Orden ECI/3856/2007*. España: BOE N°312 de 27 diciembre 2007, 2007, pp. 53743–53746.



IMPLEMENTACIÓN BIM EN LA ESCUELA POLITÉCNICA DE CUENCA, EXPERIENCIA PILOTO EN PROYECTOS TÉCNICOS 15-16

Valverde Cantero, David (1), Cañizares Montón, Josemanuel (2), Márquez Vega, Diego, Pérez González, Pedro Enrique (3), Peso Pascual, Roberto Joaquín

- (1) Escuela Politécnica de Cuenca, david.valverde@uclm.es
- (2) Escuela Politécnica de Cuenca, jose.canizares@uclm.es
- (3) Alumnos GB-05 Proyectos Técnicos 15-16, pedenry@gmail.com

RESUMEN

El cambio de paradigma que representa BIM en el proceso edificatorio, atendiendo a las ya múltiples instancias que avocan a ello, implica la necesidad de dominar tanto metodología como herramientas propias y, en consecuencia, un reto profesional que debería trasladarse ineludiblemente a ámbitos docentes.

La EPCu ha interpretado esta coyuntura como oportunidad única para repensar no tanto el qué enseñamos en el Grado en Ingeniería de Edificación sino el cómo lo hacemos, donde BIM acabaría vertebrando el plan de estudios y condicionando las estrategias/metodologías docentes utilizadas.

Se ha priorizado una estrategia formativa del profesorado -abierto también al alumnado- y una reconfiguración de equipos/programas dando prioridad al software libre o educacional. Paralelamente, a menor escala, se ha propiciado la experimentación docente a nivel de asignaturas dentro del actual plan de estudios. Este es el caso de Proyectos Técnicos - PPTT-, de marcado carácter metodológico, donde se ensaya actualmente con la potencia gráfica de BIM como herramienta analítica útil a la determinación técnica de las soluciones constructivas.

Aunque sólo podemos adelantar resultados parciales, cabe resaltar especialmente la predisposición del alumnado y también prever la necesidad del efecto dinamizador de éste en la adopción de la metodología BIM en el plan de estudios.

Palabras clave: BIM, docencia universitaria, implementación docente, universidad

ABSTRACT

BIM's paradigm means change in building cycle, at least if we hear the voices of change. But it would imply to dominate both methodology and tools and, consistently, a professional challenge that should move unavoidably to educational areas.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

EPCu interpreted this situation as a unique opportunity to rethink not just what we teach but how we do it. The idea is to redefine a study plan directed by BIM and where it's the key in teaching strategies/methodologies used in Building Engineering Degree.

EPCu prioritized training strategies for teachers -also opened to students- and a reconfiguration of equipment/programs with priority for free or educational software. At same time EPCu tried to stimulate educational experimentation at a subject level. This one is the case of PPTT, with a marked methodological character and as a previous subject to PFG, where students experiment the graphical power of BIM as an analytical tool in the study of CTE's requirements.

Though we can only advance partial results we can highlight specially student's predisposition and also foresee the revitalizing effect of them in the imminent BIM methodology adoption.

Keywords: *BIM, university teaching, educational implementation university*

1 INTRODUCCIÓN

El cambio de paradigma que representa BIM -Building Information Modeling / Modelado de la Información de la Construcción- para controlar el proceso edificatorio -o ciclo de vida del edificio, desde la ideación al retorno-, si es que debiéramos creer en él de acuerdo a las ya múltiples instancias que nos avocan a ello [1], implica la necesidad de dominar la metodología y herramientas propias de dicho entorno de trabajo y, en consecuencia, un reto profesional que debería trasladarse ineludiblemente a ámbitos docentes.

1.1 EI BIM

La forma de generar la documentación gráfica en el proceso edificatorio no volvió a ser la misma desde la introducción del CAD -Computer Aided Design / Diseño Asistido por Ordenador- hace ya más de tres décadas [2]. Ahora, con la inminente e inexcusable implementación del BIM en dicho proceso edificatorio, el cambio debería ser más radical si cabe: no sólo cambiará la forma en que generamos esa documentación, sino que también afectará a la forma en que diseñamos, construimos y usamos los edificios.

Si BIM no es sólo una nueva herramienta, sino una nueva forma de trabajar, debería demandar con fuerza adecuar nuestras metodologías tanto profesionales como docentes.

Pero BIM está aún lejos de una adopción generalizada en el campo profesional, en el que aparecen muchas reticencias y, en muchos casos, representa un enorme esfuerzo con inciertos/ínfimos beneficios reales. Por otro lado en el campo docente el panorama parece más esperanzador y la integración de BIM en determinados niveles educativos empieza a ser una realidad palpable que evoluciona y se perfecciona a la par que las herramientas.



1.2 El mercado laboral

La evolución de la industria AEC -Architecture, Engineering and Construction / Arquitectura, Ingeniería y Construcción- hacia BIM implicará una redefinición de perfiles profesionales. Esta lenta pero inevitable transformación del mercado laboral, que se presume abierto y necesariamente adaptativo, acabará afectando tanto a los profesionales en activo como a los alumnos actualmente en formación.

En este sentido estamos asistiendo a la aparición de nuevos roles que, aun no estando oficialmente definidos, se van configurando en base a la experiencia adquirida [3] ante la creciente demanda de profesionales especializados en BIM, y en consecuencia capaces de trabajar en entornos colaborativos [4].

En la actualidad son las empresas las que impulsan la adaptación necesaria al demandar infructuosamente perfiles BIM tanto en el mercado laboral como en los perfiles universitarios, circunstancia esta última que parece deba corregirse.

1.3 La Escuela Politécnica de Cuenca

La Escuela Politécnica de Cuenca -EPCu- forma parte de la universidad regional de Castilla-La Mancha -UCLM- y desde sus orígenes, hace ahora 21 años, ha estado íntimamente ligada a los estudios habilitantes para el desarrollo profesional de la Arquitecta Técnica, estudios actualmente redefinidos como Grado en Ingeniería de Edificación -GIE- [5].

La coyuntura expuesta en los puntos anteriores ha sido interpretada en la EPCu como una oportunidad única para repensar no tanto el qué enseñamos sino el cómo lo hacemos, analizando de qué forma la filosofía BIM puede vertebrar el plan de estudios y condicionar las estrategias y metodologías docentes. Fruto de esta reflexión y compromiso colectivo, rubricado en la Junta de Centro del ocho de julio de dos mil quince, se puso en marcha la comisión BIM-EPCu para el estudio e implantación de dicha metodología en el plan de estudios de GIE.

La posibilidad de ofertar una formación y reciclaje profesional basado en metodología BIM -llamada a ser la referencia en un mercado laboral cada vez más global- junto con un trato cercano orientado al alumno han de ser dos factores diferenciales por los que apostar para una escuela pequeña a medio camino, en lo geográfico, entre Madrid y Valencia.

1.4 La asignatura de Proyectos Técnicos en los estudios de GIE de la EPCu

La asignatura de PPTT [5] se formaliza como tal con la implantación de GIE durante el curso 2009-2010; con carácter de obligatoriedad, un peso de 6 ECTS a cursar en el segundo semestre del tercer curso y como requisito previo para la asignación y elaboración del Proyecto Fin de Grado -PFG-. Por su parte PFG tiene un peso de 12 ECTS, se cursa en el segundo semestre del cuarto y último curso y propone un enfoque integrador del plan de estudios [6].



Desde el punto de vista del temario PPTT no pretende proponer conocimientos propios o novedosos, sino que persigue la adquisición de procedimientos metodológicos necesarios a la elaboración e interpretación de la documentación técnica del proceso constructivo [7] - siempre en base a integrar y aplicar los conocimientos adquiridos en el resto de asignaturas del plan de estudios programadas con anterioridad-.

En este contexto PPTT propone, entre sus estrategias fundamentales, la utilización de la normativa técnica, reguladora del proceso constructivo, como herramienta necesaria al proyecto técnico. Entendiendo que dicho uso prestacional parte del conocimiento y comprensión de los objetivos de dicha normativa, de forma que la aplicación de ésta sólo pueda ser entendida como la consecución de los mismos. No habiendo lugar entonces a exigir directamente a los elementos constructivos ni, por tanto, intentar concretar dichas exigencias en posibles aplicaciones prácticas sin antes controlar los motivos que subyacen y justifican a dichas exigencias.

2 OBJETIVOS

Comprobar, hasta donde llegan los resultados obtenidos en esta fase del curso académico -con la asignatura todavía cursándose-, si la experiencia de integración del modelado paramétrico BIM como herramienta docente de PPTT contribuye -o no- a ampliar la capacidad de análisis y expresión gráfica del alumno y, fundamentalmente, si contribuye -o no- a una mejor consecución de los objetivos propios de la asignatura. Considerando como tales el desarrollo de la capacidad de lectura de las herramientas necesarias para la redacción del proyecto técnico, así como la capacidad de generar, analizar e interpretar la documentación técnica que caracteriza al proceso constructivo-.

Es también objetivo de la comunicación el análisis, desde el punto de vista docente, de los resultados obtenidos y compartirlos con el resto de la comunidad educativa.

3 DESARROLLO

3.1 Estrategia comisión BIM-EPCu

Todas las acciones planteadas por la comisión BIM-EPCu, desde su constitución en septiembre de 2015, responden a un esquema tipo de actuación basado en cinco fases:

ANÁLISIS

Como paso inicial antes de desarrollar cualquiera de las acciones planteadas. Análisis basados, fundamentalmente, en los datos recopilados mediante encuestas discrecionales donde los docentes y/o alumnos son cuestionados sobre temas concretos como el horario, temario o sus necesidades formativas, o sobre hardware y software necesario.



BIM International Conference

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 20 y 21 de mayo 2016

DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

Una vez analizados los datos son definidos los objetivos. En un principio de la manera más pragmática posible pero sin renunciar a planteamientos más arriesgados en función de la implicación del profesorado y/o alumnado.

PLANIFICACIÓN

Para esta fase resulta crucial la coordinación entre los distintos participantes así como la disposición, no siempre fácil, de los recursos -económicos, personales y de equipamiento- necesarios. En este sentido cabe destacar especialmente la predisposición de la Dirección de la EPCu con su apoyo a las actividades planteadas.

REALIZACIÓN DE LA ACCIÓN

Precedida de la correspondiente campaña de difusión, realización de la acción programada.

MONITORIZACIÓN

Como fase previa y necesaria a un nuevo análisis. Imprescindible para valorar la efectividad de la actividad realizada y como *feedback* necesario al planteamiento de nuevas acciones.

3.2 Acciones comisión BIM-EPCu

Las primeras acciones de la comisión BIM-EPCu consistieron, de acuerdo al esquema anteriormente descrito, en la recapitulación entre los docentes sobre conocimientos en metodología BIM y de intenciones de su implementación en docencia (Fig 1), así como evaluar el hardware y software disponible en relación a las necesidades iniciales para abordar el cambio.

	1er curso	2º curso	3er curso	4º curso	PFG	optativas	
gráfica	2	1	2		2	2	9
materiales/calidad	3	2		1	2		8
construcción	2	1	1		3	3	10
instalaciones		1			1	1	3
estructuras		1			1	2	4
gestión económica				3	1	1	5
organización				1	1	1	3
seguridad			1		2		3
eficiencia energética					2	4	6
rehabilitación			1		2	1	4
urbanismo				1	1		2
proyectos			2		7		9
resto FB	2						2
	9	6	7	6	25	15	

Fig 1. Encuesta inicial -02/09/2015- entre docentes sobre intención de implementación BIM, número de docentes interesados por áreas y cursos. 2015. Elaboración propia



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

De esta primera encuesta cabe remarcar el alto interés, al menos inicial, a la implementación BIM en todas las áreas y cursos. Máxime teniendo en cuenta que las asignaturas de GIE donde potencialmente se podría integrar BIM no reúnen más de 20 docentes. A partir de los datos extraídos de la citada encuesta, y condicionados por un presupuesto disponible mermado por compromisos previos, se decidió priorizar la estrategia formativa del profesorado -abierta también al alumnado- y minimizar la inversión en equipamiento con una mínima reconfiguración de equipos y programas dando prioridad al software libre o educacional.

Conscientes de que los cambios necesitan tiempo y pueden ser extenuantes, la comisión BIM-EPCu programó un curso 15-16 destinado principalmente a la formación del profesorado y a sentar las bases necesarias para generar una masa crítica suficiente, entre el colectivo de profesores y alumnos, capaz de producir a corto-medio plazo un efecto dinamizador en el proceso de implementación BIM y que no descarta la participación de los colectivos profesionales interesados ajenos a la universidad.

Concretando las acciones realizadas durante el presente curso 15-16 podemos agruparlas en base a dos estrategias bien diferenciadas:

FORMACIÓN DOCENTE

Con la formación de cuerpo docente como prioridad se diseñó un programa que permitiera establecer una base de conocimiento común sobre BIM y que, en una segunda fase, pudiera dar pie a una formación individualizada más específica.

Dentro de la primera fase se buscó, de manera externa, formación genérica/común en metodología BIM para un grupo de 15 profesores/5 alumnos. Finalmente se encargó dicha formación, en base a un programa ad hoc, por 28 h y de forma presencial, a BIM LEARNING [8] por su experiencia contrastada tanto en BIM como en gestión de proyecto y obra y por aportar un enfoque cercano a las necesidades del futuro Ingeniero de Edificación. En el temario propuesto se buscó un enfoque generalista sobre metodología -por encima de las herramientas- que abarcara procesos y flujos de trabajo, roles, trabajo colaborativo o estándares e introducción básica a aplicaciones específicas.

De manera previa dentro de esa primera fase, y como formación genérica/común en aplicaciones BIM, 11 profesores realizaron el curso de modelado básico de 50 h en modalidad online BIM A1 de ZIGURAT [9]. En este curso se abordan las cuatro principales plataformas de modelado BIM -REVIT, ARCHICAD, ALLPLAN y AECOSIM- y tuvo una valoración notable por parte del profesorado. Como complemento a este curso también se realizó un taller y certificación oficial de AUTODESK para REVIT ARCHITECTURE.

Una vez lanzada la primera fase es turno de la especialización. En la fase de formación específica/individual en aplicaciones BIM 4 profesores continuamos, como decisión personal, con la propuesta formativa de ZIGURAT, 3 con el perfil *BIM specialist* -175 h- y 1 con el de *BIM manager* -600 h-. El resto de docentes responden a una casuística mucho



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

más dispersa, la mayoría de ellos manifiestan no estar siguiendo ningún plan formativo BIM y, sólo en algunos casos, se reconoce una autoformación no reglada. En cualquier caso esta segunda fase de formación específica/individual está siendo costeada, al menos parcialmente, por los propios interesados.

INVESTIGACIÓN/DIFUSIÓN

Dentro de los objetivos de la EPCu como centro de educación superior universitaria, y por lo tanto de la comisión BIM-EUPC, se encuentra la investigación y, como no puede ser de otro modo, la difusión de los resultados de la misma.

En este sentido los primeros artículos y comunicaciones científicas -como es este caso- se están desarrollando a la par que el programa diseñado por la comisión BIM-EPCu va avanzando. Sería deseable que esta investigación tenga repercusión tanto en la docencia de GIE como representación en los foros BIM nacionales e internacionales.

Desde el punto de vista de la difusión se aprovechó la repercusión del más que consolidado Ciclo de Conferencias de Información Técnica de la EPCu, que este año alcanzaba su vigesimoprimer edición [10], para incluir una serie de conferencias -7- sobre la metodología BIM y su inserción en las distintas fases del ciclo de vida del edificio a cargo de profesionales de reconocido prestigio. Aunque el objetivo primigenio del ciclo es el de complementar la formación que reciben los alumnos de la EPCu en los últimos años, y a raíz de su difusión mediante el canal propio de YouTube, se han convertido también en una interesante opción para alumnos de otras universidades o profesionales.

Además se han producido alianzas estratégicas que amplifican los horizontes iniciales como la adhesión a BUILDINGSMART y a su Foro Académico BIM -esFAB- o como la próxima creación de una delegación BIMClub a partir de contactos con la Universidade da Coruña.

3.3 Experiencia piloto en PPTT 2015-2016

De forma paralela a todos lo anterior, de acuerdo a una estrategia de cambios a pequeña escala y ya en el segundo semestre, se ha propiciado la experimentación docente en determinadas asignaturas sin menoscabo de la aplicación del plan de estudios actual.

Es el caso de PPTT, de marcado carácter metodológico, donde se pretende ensayar con la potencia gráfica de aplicaciones BIM como herramienta analítica [11] útil a la determinación de las soluciones constructivas intervinientes en un determinado proceso constructivo -en concreto, en relación a las prestaciones y su integración en el proceso constructivo-.

Esta experimentación docente ha partido de recopilar mediante encuestas el estado de conocimientos de los alumnos en tecnología BIM y, concretamente, en herramientas de modelado. Pues el desarrollo de PPTT exige al alumno la restitución gráfica de un proceso constructivo -edificio- concreto propuesto sólo a nivel de esquema y que será la base sobre la que desarrollar las diversas fases de análisis propuestas en la asignatura.

En esa fase previa, la contribución de PPTT -en función de sus objetivos y limitación de carga docente- sólo puede dirigirse a **implementar estrategias de modelización resistentes a la ausencia de definición constructiva**, basadas en la adecuada utilización de criterios de restricción y vinculación -o leyes impuestas al proceso constructivo- (Fig 2).

Así, los parámetros que caracterizan cada uno de los elementos del modelo -todavía no elementos constructivos- tienen propiedades exclusivamente geométricas, y no obstante el modelo debe *resistir*, sin alteración de sus condiciones básicas, las adecuaciones geométricas derivadas de la futura concreción constructiva de sus elementos.

A partir de ese modelado geométrico -o de fase previa-, la utilización dirigida de herramientas BIM adquiere un importante potencial analítico. Dicho componente analítico está basado, casi exclusivamente, en la parametrización de los elementos del modelo de acuerdo a distintos niveles de información y en la obtención de resultados gráficos inmediatos en los que poder sustentar el análisis pretendido.

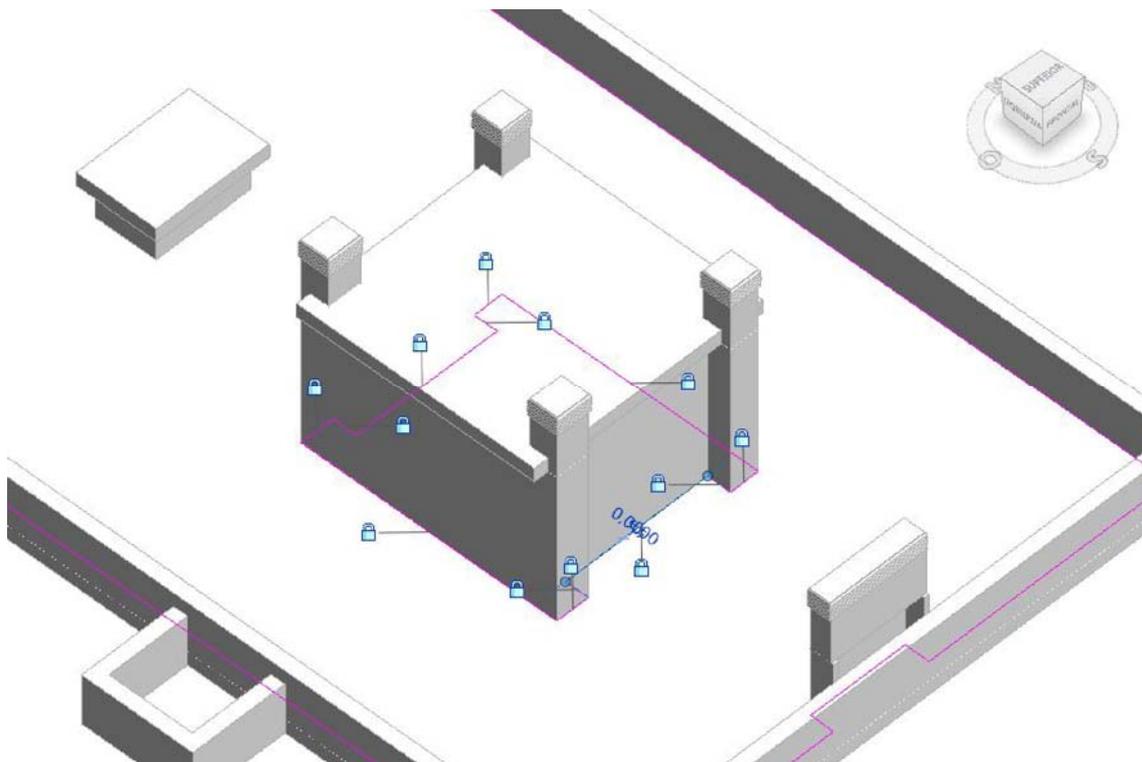


Fig 2. Establecimientos de restricciones y vínculos geométricos en la fase de modelado. 2016. GB-05
PPTT 15-16

En la primera fase de análisis propuesta por PPTT, la tecnología BIM proporciona al alumno **estrategias para la modelización del comportamiento de la geometría del edificio**. De dicha estrategia debe derivar, de forma comprensiva (Fig 3), nuevos parámetros -ya no simplemente geométricos sino físicos- a cada uno de los elementos del modelo -ejemplares-

comprometidos con el comportamiento necesario. Es decir parámetros que todavía, y únicamente, se traducen en forma exigencias (Fig 4).

En una segunda fase de análisis propuesta por PPTT, a partir de la adición ordenada de exigencias a cada uno de los elementos del modelo, entendidos todavía en esta fase como ejemplares a efectos de sumar información -parámetros-, **la tecnología BIM proporciona al alumno herramientas de filtrado de la información**. Y, con ello, la posibilidad de identificar los elementos del modelo asociados a una misma combinación de exigencias que, en consecuencia, son susceptibles de reunirse y clasificarse como soluciones constructivas -tipos- antes incluso de abordar su definición constructiva.

Por otra parte, la identificación gráfica de dichas soluciones constructivas en el modelo, todavía, insistimos, no resueltas, pondrá también, e inmediatamente, de manifiesto aspectos relacionadas con otros criterios de continuidad e interacción entre las diversas soluciones constructivas que -en base, a las propias capacidades del alumno- deban imprimirse al proceso constructivo.

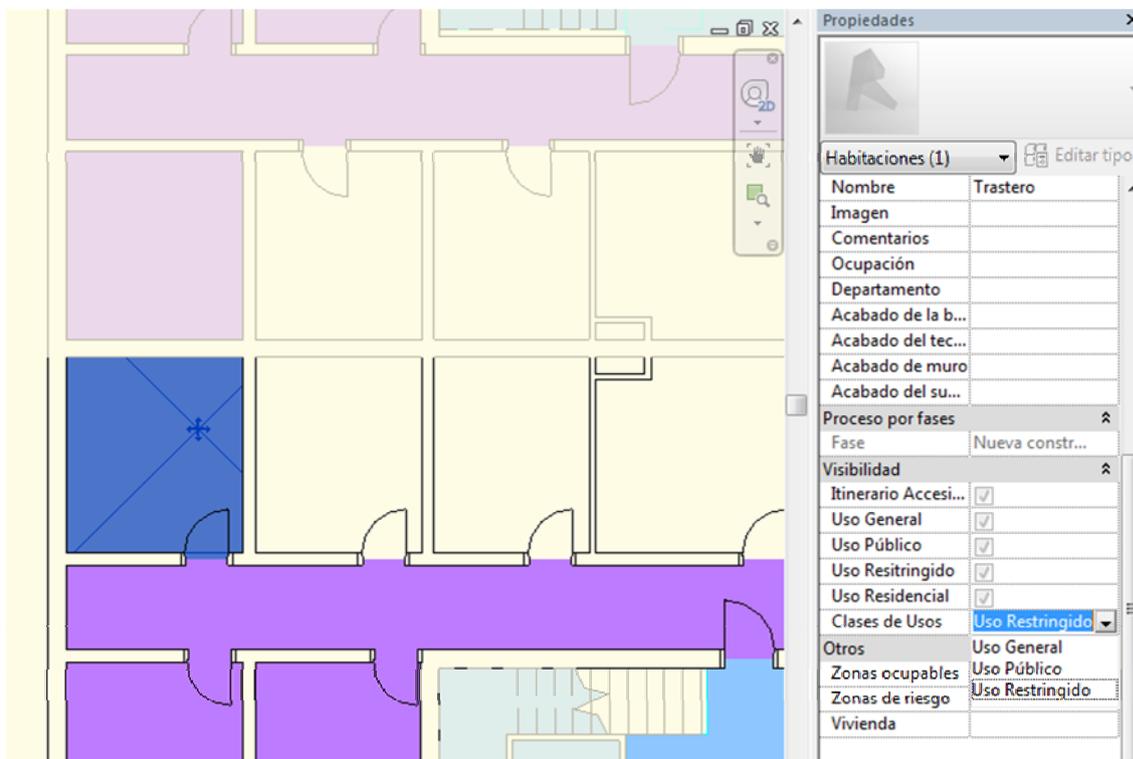


Fig 3. Generación de parámetros de uso, según DBs, y asignación a ejemplares de habitación para análisis gráfico del edificio. 2016. GB-05 PPTT 15-16

Sólo tras estas dos fases de análisis, de acuerdo a la metodología que pretende transmitir la asignatura, procede la definición de cada solución constructiva. Únicamente cuando ésta ya pueda entenderse -al menos en el contexto de la docencia, en la que no puede suponerse al

alumno la adquisición de otros procedimientos no deductivos- como respuesta global óptima acorde al perfil técnico que debiera requerírsele.

Esta última fase propuesta por PPTT **-destinada al control de la definición constructiva- es en BIM extremadamente simple**. Consiste exclusivamente en definir la estructura de los tipos ya clasificados y complementar sus parámetros de prestaciones, **de la restitución geométrica gráfica del modelo se ocupa directamente la herramienta** -la resistencia derivada del proceso de modelización, antes referida, es en este sentido determinante-.

La experiencia piloto descrita se ha dirigido al conjunto de los alumnos matriculados que siguen la docencia reglada de la asignatura -41 alumnos-, apoyándola mediante tres sesiones teóricas de 2 horas y la propuesta de una práctica dirigida basada en la modelización BIM -REVIT a partir de una plantilla de proyecto suministrada al alumno- de uno de los niveles del edificio asignado para desarrollar la docencia de la asignatura.

Paralelamente a lo anterior, sólo 2 grupos de alumnos -6 alumnos- han podido desarrollar la totalidad de su enunciado mediante tecnología BIM sin menoscabo del contenido docente propio de la asignatura y, en ambos casos, al menos parcialmente, partían de una base previa en el dominio de las herramientas de modelado BIM.

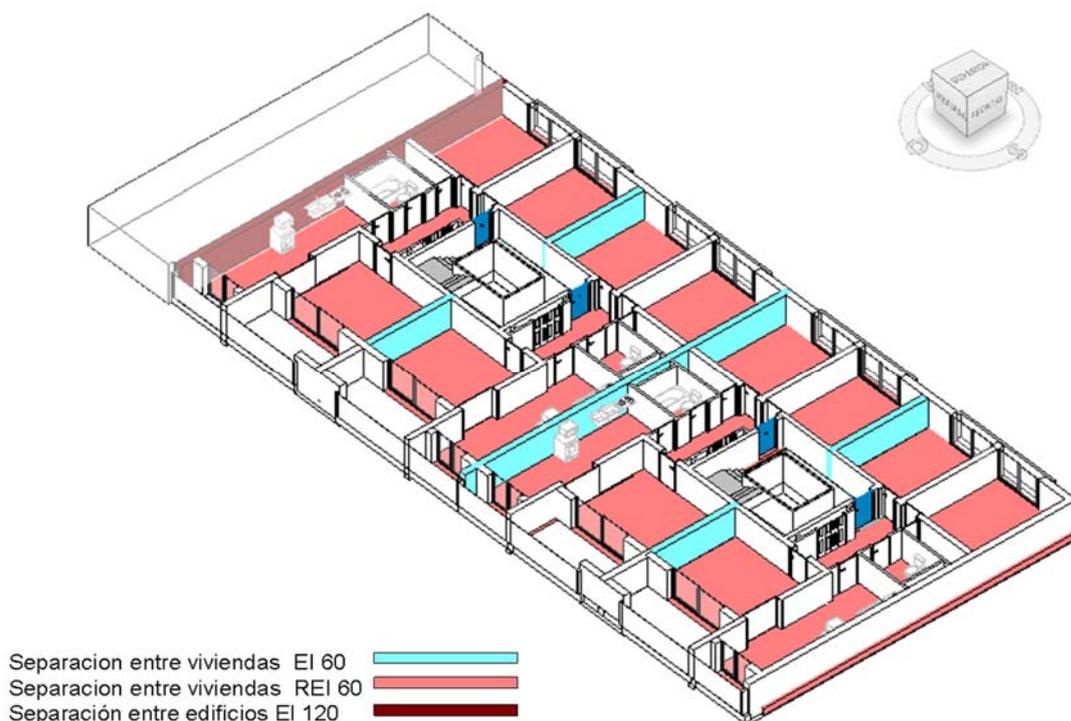


Fig 4. Establecimientos de exigencias, según DB SI, y asignación a ejemplares de muros y suelos para análisis gráfico del edificio. 2016. GB-05 PPTT 15-16



4 CONCLUSIONES

Como parece lógico el fin último de la comisión BIM-EPCu -implantación BIM en el plan de estudios de GIE como herramienta vertebradora [12]- es imposible sin el consenso y compromiso de los agentes implicados. Una vez resuelto esto deberán aplicarse herramientas de coordinación docente que incluso podrían derivar en un plan de innovación docente. Las acciones desarrolladas en este primer curso 15-16 no abordan, ni lo pretenden, esa problemática. Su objetivo no es otro que preparar -formación- a los agentes para saber digerir y orientar los cambios que se avecinan.

4.1 Experiencia piloto en PPTT 2015-2016

La limitación de carga docente de PPTT no permite ampliar sus objetivos para incluir la implementación básica de herramientas de modelado BIM, que debería abordarse en asignaturas de carácter obligatorio previas a PPTT -de acuerdo a la ordenación temporal del plan de estudios-, y no, como ocurre ahora, en asignaturas optativas.

Aunque sólo podemos adelantar resultados parciales para PPTT, cabe resaltar la predisposición del alumnado y también prever la necesidad del efecto dinamizador de éste en el proceso de adopción de metodología BIM en el plan de estudios.

5 REFERENCIAS

- [1] Fuentes Giner B. (2014). Impacto de BIM en el proceso constructivo español. Valencia: Servicios y Comunicación LGV. ISBN 978-84-942593-1-9.
- [2] Valverde Cantero D. (2010). "Aplicaciones CAD -diseño asistido por ordenador-". In AA.VV. Ed. Actas del X Congreso Internacional expresión gráfica aplicada a la edificación. Alicante: APEGA, p 149-158. ISBN 978-84-268-1528-6.
- [3] Ledesma Ibáñez J. (2015). "Conflicto por las atribuciones profesionales". Cercha, Revista de la Arquitectura Técnica, nº 125, p. 10-15. ISSN 9943-7376.
- [4] Zaragoza Angulo, J.M y Morea Núñez J.M. (2015). Guía práctica para la implantación de entornos BIM en despachos de arquitectura. Madrid: Fe d'erratas. ISBN 978-84-15890-32-4.
- [5] Plan de estudios GIE de la Escuela Politécnica de Cuenca 2015/2016 https://www.epc.uclm.es/ep/?page_id=51 [Consulta: 01/04/2016]
- [6] Valverde Cantero D., Arteaga Martínez J.J. y Alfaro González J. (2012). "Coordinación multidisciplinar de PFG en la titulación de grado en Ingeniería de Edificación". En AA.VV. Actas del XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos AIEPRO, Valencia, 11-13 julio 2012. Valencia: AEIPRO, p. 2.520-2.528. ISBN: 978-84-616-0047-2.



- [7] Cañizares Montón JM. y Valverde Cantero D. (2010). "Docencia de Proyectos Técnicos en Ingeniería de Edificación". En AA.VV. Actas de VI INTERCAMPUS. Evaluación de competencias en los nuevos Grados, Cuenca 2010. Ciudad Real: Vicerrectorado de Ordenación Académica y Formación Permanente de la Universidad de Castilla-La Mancha, p. 100-114. ISBN 978-84-693-1832-4.
- [8] Formación BIM LEARNING <http://bimlearning.es> [Consulta: 01/04/2016]
- [9] Curso BIM A1 de ZIGURAT <http://www.e-zigurat.com/bima1> [Consulta: 01/04/2016]
- [10] XXI Ciclo de conferencia de la Escuela Politécnica de Cuenca 2015/2016 https://www.epc.uclm.es/ep/?page_id=4808 [Consulta: 01/04/2016]
- [11] Valverde Cantero D. y Cañizares Montón JM. (2014). "El lenguaje gráfico como herramienta analítica en la asignatura de Proyectos Técnicos". In AA.VV. Ed. Actas del XII Congreso Internacional expresión gráfica aplicada a la edificación. Madrid: APEGA, p 395-404. ISBN 978-84-7207-226-8.
- [12] Oliver Faubel, I. (2015). Tesis. Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación. Diseño de una propuesta. Valencia: Universitat Politècnica de València. Disponible en <http://hdl.handle.net/10251/61294>



ANÁLISIS PRELIMINAR AL DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LOS PROGRAMAS DOCENTES DE LOS ESTUDIOS DE GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA

Oliver Faubel, Inmaculada (1); Fuentes Giner, Begoña (2)

- (1) Universitat Politècnica de València. Dpto. Construcciones Arquitectónicas. ETSIE. inolfau@csa.upv.es
(2) Universitat Politècnica de València. Dpto. Construcciones Arquitectónicas. ETSIE. bfuentes@cda.upv.es

RESUMEN

La Directiva 2014/24/UE sobre Contratación Pública de la Unión Europea recomienda a los estados miembros el uso de la metodología Building Information Modeling (BIM) en los proyectos financiados con fondos públicos a partir de abril de 2016.

El Gobierno Español ha aprobado en 2015 la trasposición de la Directiva y ha constituido la Comisión para la implantación de la metodología BIM en España a partir de 2018.

Lo que esto supone para el sector de la construcción tiene importantes implicaciones para las universidades: deben garantizar la salida de egresados arquitectos técnicos con las competencias BIM que van a ser requeridas a los futuros profesionales del sector. Y deben hacerlo de forma eficiente, en este contexto de crisis generalizada, y en un entorno un tanto hostil: actualmente la apreciación por esta metodología es todavía baja a pesar de la Directiva y la Comisión BIM.

Tras el análisis del estado del sector de la construcción, de la profesión de arquitecto técnico, del marco normativo, de experiencias similares en otros países, y teniendo en cuenta los fundamentos del Espacio Europeo de Educación Superior, se propone una estrategia para la integración de BIM en el Plan de Estudios del Grado en Arquitectura Técnica.

Palabras clave: *arquitectura técnica, BIM (Building Information Modeling), competencias, construcción, programación docente.*

ABSTRACT

The Member States of the European Union have been recommended to use the BIM methodology in public funded projects since April 2016 by the Directive 2014/24/EU.

Spanish Government has approved in 2015 the transposition of this Directive and a Commission has been created for the implementation of BIM methodology in Spain from 2018.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

This transformation for the building sector has important implications for universities: the BIM competences of the new graduates have to be ensured because of the requirements of the Directive for future professionals. And they must do it

Universities, then, must meet that requirement because the responsibility of the design of the degrees in our country relies on them. Moreover, they have to do it efficiently, in a context of the global crisis, and in a hostile environment: today's valuation of this methodology is still poor, although the legal requirements.

After analyzing the state of the art in the building sector, in the profession of building engineer, in the legal framework related to it, in similar experiences that have occurred in other countries and taking into account the basis of the European Higher Education Area, a strategy for the integration of BIM in the curriculum of the Degree in Building Engineering is proposed.

Key words: *building engineering, BIM (Building Information Modeling), skills, construction, teaching curriculum.*

1 INTRODUCCIÓN

Como profesionales de la arquitectura técnica a las que nos ha afectado la crisis del sector de la construcción en España, tenemos la absoluta convicción de que el escenario al que saldremos cuando la crisis revierta no puede ser en absoluto parecido al que la provocó. Entendemos además que, para que ese escenario sea el adecuado, la experiencia de esta profunda crisis debe verse como una oportunidad de cambio en la forma de trabajar en el sector de la construcción.

Por otra parte, como docentes de una universidad que, como el resto de las de nuestro país, ha asumido el encargo del Protocolo de Bolonia de capacitar al alumnado más que de formarlo, tenemos responsabilidad en la capacitación de los arquitectos técnicos que serán en el futuro, junto con otros, los protagonistas de ese nuevo paradigma. Nos sentimos en la obligación de interferir en el diseño de esa formación para garantizar a los nuevos técnicos la adquisición de las competencias y habilidades que el nuevo escenario les reclamará. Y tenemos la certeza de que debe ser la universidad la que lidere ese cambio.

A partir de estas premisas se plantea un trabajo de investigación cuyo objetivo final pretende ser el realizar una propuesta de diseño curricular adaptado a las nuevas exigencias del sector de la construcción, con BIM integrado, para la titulación de Grado en Arquitectura Técnica. La comunicación que se presenta es un resumen del estudio previo necesario para elaborar esa propuesta.

Si con lo expuesto anteriormente se entendía justificada la pertinencia de la investigación, esta pertinencia se vio reforzada todavía más cuando en febrero de 2014 la Comisión Europea aprueba la Directiva 2014/24/UE sobre Contratación Pública de la Unión Europea.



Dicha Directiva, conocida como EUPPD, hace de alguna manera referencia a BIM en el punto 4 del su artículo 22, Normas aplicables a las comunicaciones, cuando dice que [1]:

“For public works contracts and design contests, Member States may require the use of specific electronic tools, such as of building information electronic modeling tools or similar.”

2 ESTADO DE LA CUESTIÓN

En Europa, los países nórdicos, Dinamarca, Finlandia y Noruega, fueron los primeros en dar un paso al frente e incorporar esta metodología de trabajo a su proceso constructivo. Concretamente en Finlandia, la agencia estatal de servicios inmobiliarios, Senate Properties, exige el uso de BIM para sus proyectos desde 2007. En 2012 el Ministerio de Interior holandés exige la utilización de BIM en la elaboración de grandes proyectos de explotación y mantenimiento. Por su parte, el gobierno del Reino Unido, tras la experiencia vivida con la gestión de las construcciones necesarias para albergar los Juegos Olímpicos de Londres 2012, establece una hoja de ruta para la Administración Pública. Esa estrategia exige que todos los proyectos del gobierno utilicen BIM en forma de un modelo informático en 3D totalmente colaborativo con un “grado de madurez de nivel 2” para el año 2016 [2]. Esto supone que la totalidad del proyecto, la información de activos, la documentación, los datos y las comunicaciones serán electrónicos. Francia y Alemania han empezado ya su proceso de adopción de BIM estableciendo un proceso que está programado alcanzar entre el 2018 y el 2020.

Fuera de Europa las adopciones de BIM más significativas y de mayor calado se han dado en EEUU donde ya en 2003 la General Services Administration estableció el National 3D-4D-BIM Program; en Singapur, donde la Building and Construction Authority implementó en 2008 la primera plataforma de aplicaciones on-line para la presentación electrónica de proyectos en BIM y actualmente son más de 200 los proyectos que se han solicitado licencia por esta vía; en Hong Kong donde es a partir de 2014 cuando se exige BIM para todos los nuevos proyectos públicos; o en Corea del Sur que hará obligatorio BIM a partir de 2016 tanto para los proyectos de más de 50 millones de dólares como para todos los proyectos públicos.

Durante los últimos 2 años algunas cosas han empezado a cambiar en el ámbito de nuestro país. Se trata, por una parte, de la iniciativa surgida en Barcelona en el mes de febrero de 2015. Según esa iniciativa, firmada por el Ayuntamiento de Barcelona y por la Generalitat de Catalunya, se daba comienzo a su transición hacia BIM. Se marcaron objetivos parciales y se estableció como fecha tope para esa transición el año 2020. [3]

Siguiendo lo que otros países europeos llevan haciendo desde antes del año 2007, el Gobierno español ha dado los primeros pasos para implantar BIM en nuestro país. Por una parte, en el Consejo de Ministros de 17 de abril de 2015 se aprobó la trasposición de la directiva EUPPD iniciando de ese modo su andadura como anteproyecto de ley. Por otra, en

julio de 2015 y a través del Ministerio de Fomento, se ha constituido la Comisión BIM para la implantación de la metodología BIM. La Comisión BIM nace para [4]:

- Impulsar la implantación de BIM en la industria de la construcción española a partir de la creación de una comisión con una participación abierta a todo el sector, tanto público como privado.
- Fomentar el uso de BIM en todo el ciclo de vida de las infraestructuras.
- Sensibilizar a las administraciones públicas en el establecimiento de requisitos BIM en las licitaciones de infraestructuras con el objetivo de reducir sus costes.
- Establecer un calendario para la adaptación de la normativa para el empleo generalizado de BIM.
- Desarrollar los estándares nacionales que posibiliten el uso homogéneo de BIM.
- Realizar el mapa académico de la formación BIM en España y promover su inclusión en planes de estudio.
- Promover la digitalización de los trabajos derivados del desarrollo de las infraestructuras, desterrando el formato físico, con el consiguiente ahorro económico y medioambiental.
- Fomentar la aplicación de “Open BIM”, es decir, que todas las operaciones relacionadas con BIM se basen en estándares abiertos y universales, interoperables entre sí.
- Apoyar un mayor y mejor posicionamiento de la industria española en el mundo a través del empleo de la metodología BIM.
- Afianzar la participación de España en los foros de decisión internacionales.

Todo hace pensar pues que en un plazo breve de tiempo BIM ha de llegar a ser el lenguaje obligatorio para trabajar con la Administración Pública española si no se quiere quedar rezagada respecto del resto de Europa. Es por ello que tarde o temprano todos los técnicos y empresas del sector de la construcción deberán conocerlo e incorporarlo a sus procedimientos de trabajo.



Figura 1. Calendario de la Comisión e.BIM del Ministerio de Fomento. 2015. Elaboración propia



3 ANTECEDENTES EN ESPAÑA

El germen de estas iniciativas que, desde las distintas administraciones, se puedan estar gestando, está en las que han surgido en los últimos años desde estamentos más bajos del sector. Así, son numerosas las empresas del sector de la construcción, como constructoras, estudios, promotoras, consultorías, etc., que han adoptado la metodología BIM en su proceso productivo como resultado de haber puesto en crisis el proceso tradicional y para mejorar su productividad y competitividad. De la misma manera, y restringiéndonos al ámbito de los profesionales de la arquitectura técnica, también encontramos ejemplos significativos de adopción de la metodología BIM. Se trata de arquitectos técnicos que habiendo sido parte activa en el sector durante los últimos 10 o 15 años anteriores a la crisis, se han reinventado a ellos mismos, en ocasiones a través de la autoformación en BIM y el autoempleo adoptando esa metodología. De esa manera han conseguido reingresar en un mercado laboral todavía en crisis [5].

Cabría preguntarse también cuál ha sido el papel que han jugado los colegios profesionales, qué postura han tomado ante esa necesidad de formación especializada de sus colegiados. Se trata de instituciones de vital importancia para la profesión ya que el ejercicio de la misma va vinculado obligatoriamente por ley a una colegiación profesional. Así pues el futuro, y sobre todo la viabilidad económica de los colegios como institución va directamente relacionada con el estado de salud del sector. Parece pues evidente que lo que para una gran mayoría del sector AEC¹ va a ser el futuro, debería estar en el punto de mira de los colegios desde el primer momento.

De una manera casi mimética, en el mundo académico universitario español ha ocurrido lo mismo que en el sector de la construcción. Han ido apareciendo, aislada y espontáneamente, una serie de iniciativas dirigidas a incorporar la metodología BIM en los estudios de grado. Y aunque evidentemente lo han sido dentro de la universidad y utilizando sus recursos, la implicación de esta no ha pasado de ahí en la mayoría de los casos. En la actualidad algunas de estas iniciativas, que lo fueron en ocasiones de un solo profesor o una asignatura dentro de una titulación, ya están ocupando un sitio en la misma. Pero siguen siendo situaciones aisladas y sin conexión con otras que hayan surgido en las mismas condiciones. En algunos casos, los más veteranos, han conseguido continuidad pero no han llegado a provocar el cambio en la programación curricular de las titulaciones. Donde han encontrado continuidad ha sido en los estudios de máster y de doctorado quizá por el hecho de que estos estudios no están sujetos a una programación previa. También han aparecido algunos intentos de adopción de esta metodología en los planes de estudio de la formación profesional superior, pero muy tímidos y, desde luego, mucho más aislados.

Para intentar corregir esta situación, también desde el ámbito universitario español se han iniciado algunas se han iniciado algunas acciones al respecto. Así, dentro en el marco del Congreso Internacional BIM. EUBIM 2015 celebrado en la Universitat Politècnica de València en mayo de 2015, se consensuó un Manifiesto BIM Académico [6] para marcar la

¹ AEC, Architecture, Engineering & Construction / Arquitectura, Ingeniería y Construcción.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

estrategia de formación BIM en los siguientes 5 años con la creación de un Campus Virtual BIM en la línea del BAF. Su objetivo es reunir a todas aquellas instituciones académicas españolas que deseen trabajar colaborativamente en el diseño de un Plan Nacional de Formación en BIM que garantice la inclusión de BIM en todos los niveles del proceso constructivo.

3.1 La universidad española frente a la integración de BIM en el sector

Efectivamente, llegados a este punto se hace imprescindible un profundo estudio del estado de la cuestión en la que se encuentra la universidad española, y en concreto, las titulaciones de grado relacionadas con la edificación, y su relación con la realidad del mercado laboral en el sector de la construcción. Y se hace imprescindible para poder analizar primero, y establecer después, cuál es la más adecuada de las tres opciones que, como en el sector productivo, también aquí, en el académico, podríamos plantear:

- Que el diseño de los grados adaptados a la nueva situación del sector de la construcción partiese de una iniciativa institucional del más alto nivel. Esto es, que fuese la administración pública la que incluyese las pautas para adaptar los programas formativos universitarios en la hipotética regulación del sector.
- Que, atendiendo a la defensa que de la autonomía de las universidades como agentes activos para la transformación de una Europa plenamente integrada en la sociedad del conocimiento hizo la Ley Orgánica 4 de 12 de abril de 2007, sean estas las que decidan si quieren acometer en cambio y, por tanto, cuándo hacerlo, cómo, a qué nivel y con qué consecuencias.
- Y como tercera vía, espontánea, natural, no regulada, considerar la misma que se ha planteado para el sector productivo de la construcción: que sean las entidades más pequeñas del sistema universitario, esto es, los equipos docentes de las escuelas universitarias de arquitectura y arquitectura técnica, los que a través de iniciativas propias vayan introduciendo pequeñas innovaciones en sus programas docentes, esperando que puedan tener aquel efecto expansivo, de tormenta, que acabe provocando grandes cambios, los que demanda la sociedad.

4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

En el contexto actual del sector de la construcción y ante:

- el nuevo marco normativo que desde la Administración Pública se está diseñando en aras de la implantación de BIM como metodología obligatoria en proyectos de construcción financiados con fondos públicos;



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

- la aparición de empresas que han adoptado la metodología BIM en su proceso productivo, como resultado de haber puesto en crisis el proceso tradicional y para mejorar su productividad y competitividad;
- los numerosos ejemplos de arquitectos técnicos que han encontrado en la adopción de la metodología BIM una vía de reingreso a un mercado laboral todavía inmerso en la crisis;
- y la postura decidida de las universidades a iniciar el cambio y la inclusión de las competencias específicas BIM en sus programas de grado como una forma de atender a las necesidades del sector de la construcción actual, y proporcionarle el tejido de profesionales, técnicos e investigadores que necesita para que se pueda llevar a cabo el, tan nombrado, “cambio de paradigma”;

la investigación que se presenta pretende, en primer lugar, determinar cuál es el perfil de técnico ejecutivo que va a ser demandado por las empresas del sector que adopten BIM como metodología en su cambio hacia un nuevo modelo productivo.

Conocido el perfil demandado la pregunta que surge es cómo debería modificarse el programa de estudios de arquitectura técnica para adaptarse a las exigencias del mercado.

El resultado final de la investigación debería ser una propuesta generalista de Programa de Estudios de Grado para que los futuros arquitectos técnicos adquieran los conocimientos, competencias y habilidades que este mercado emergente empieza a demandar. El diseño de la propuesta debería contemplar los siguientes pasos generales:

- Definir las competencias generales y específicas BIM que el estudiante del Grado en Arquitectura Técnica debería adquirir.
- Relacionar las anteriores con el resto de competencias generales y específicas de la titulación de grado.
- Analizar el papel de las competencias transversales en la integración de BIM en los planes de estudio.
- Establecer una estructura de la programación de contenidos, temporal y metodológica para que el título de Grado en Arquitectura Técnica garantice la adquisición de competencias BIM por parte de los egresados.



5 ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN PREVIA AL DISEÑO DE LA PROPUESTA

El trabajo [9] se estructura en 4 partes principales.

La primera de ellas contiene la introducción, la pertinencia de la investigación, los objetivos a alcanzar y las preguntas que se intentan resolver. Los apartados anteriores de esta comunicación suponen un resumen de la misma.

La segunda parte se centra en un profundo estudio de la historia de la arquitectura técnica, de su regulación y de los planes de formación; y además, transversalmente, de la evolución de todos estos aspectos a lo largo de la historia desde que se tienen las primeras referencias de la misma, quizá en 1430, hasta la situación actual, con un controvertido anteproyecto de ley de servicios profesionales que de momento se encuentra aparcado y rodeado de una gran incertidumbre al respecto de cuál será su futuro [7].

La metodología BIM ocupa la totalidad de la tercera parte. Se inicia con una breve introducción a la propia metodología, a sus fundamentos básicos y a los aspectos que la definen. Se trata BIM como metodología y como tecnología. Y como parte más novedosa y apoyándose en toda la investigación de Bilal Succar [8], se hace con el detalle suficiente para poder analizar BIM como disciplina susceptible de ser integrada en la formación académica por sí misma. La consideración que de la metodología BIM hace la legislación actual, con la aprobación de la Directiva a la que nos hemos referido anteriormente, se analiza también en esta parte. Se cierra la tercera parte de la investigación con la exposición del estado actual de la formación en BIM tanto en las enseñanzas superiores regladas como fuera de ellas, la postura de las universidades, los colectivos profesionales, las instituciones públicas, etc. Se realiza un recorrido primero por el Reino Unido como referente de lo que se hace en Europa, y posteriormente por EEUU, Europa y finalmente por España. El objetivo es constatar, por una parte, que la opinión favorable a la inclusión de la metodología BIM en los currículos formativos es universal. Y por otra, obtener una visión tanto del estado actual de esta cuestión como de los retos que en España se están comenzando a asumir de cara a que esa inclusión sea una realidad, liderada por las universidades y respaldada por la administración pública.

Llegados a este punto se entra en la cuarta parte y última de la investigación. Se habrán aportado a la investigación datos suficientes que justifiquen la pertinencia de la integración de BIM en la gestión de proyectos, la necesidad de técnicos preparados para ello, y consecuentemente, la necesidad de integrar la formación en metodología BIM en los currículos formativos de la enseñanza superior en AEC en general, y de los Grados en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación en particular. Se estudia pues cómo se puede llevar a cabo ese cambio y cuáles son las posibilidades más adecuadas desde el punto de vista de las necesidades del mercado, de los intereses del sector profesional, del interés académico de las universidades, de los procedimientos legislativos que conlleve, etc. Y todo ello en la situación social, económica y política actual en nuestro país en general y en la universidad española en particular. El resultado de todo lo anterior sería el diseño de una



propuesta de modificación del Plan de Estudios del actual Grado en Arquitectura Técnica, en la que BIM resultase ser el hilo conductor para la adquisición de competencias específicas en entorno BIM de los futuros graduados arquitectos técnicos

Hay que insistir en la circunstancia de que todo esto se plantea tomando como premisa la coyuntura actual de crisis económica del sector de la construcción y cómo sus efectos condicionan las posibilidades reales de las universidades españolas para acometer un cambio de calado que puede afectar a sus estructuras.

6 CONCLUSIONES

Como resultado de la investigación [9] se puede concluir que:

1. El sector de la construcción a nivel internacional es consciente del potencial economizador de la metodología BIM. En esa línea se encuentra también el Parlamento Europeo. El sector de la construcción va a necesitar técnicos formados en BIM para atender a la demanda de las empresas y los va a necesitar en breve.
2. Una formación en BIM de tipo sumativo no garantiza la formación básica y uniforme para todos los graduados que el futuro va a requerir de ellos. Todos los agentes coinciden en la necesidad de una formación transversal, integrada en los grados AEC.
3. Los problemas con los que la universidad se ha encontrado, tanto a nivel nacional como internacional, a la hora de integrar BIM en los currículos de los grados son el desconocimiento generalizado de la metodología por gran parte de los docentes, la escasa formación en BIM de los mismos, la poca implicación de estos y de los equipos que dirigen las instituciones académicas responsables, entre otros. Estos problemas persisten a día de hoy.
4. En España, además, las profesiones AEC tienen atribuciones reguladas por ley, con una firme regulación de los títulos correspondientes y unos rígidos protocolos para la modificación de los planes de estudio. La estrategia propuesta debe poder ser implantada dentro de esos protocolos, con la menor intervención en el marco normativo actual, y debe poder ser llevada a cabo con los recursos humanos, materiales y de infraestructura y las posibilidades de financiación con los que la universidad cuenta actualmente.
5. Desde el punto de vista legal, nuestra propuesta conlleva la modificación de la Orden ECI 3855/2007 con la adición de la competencia BIM como una más de las competencias específicas que para el título de Grado en Arquitectura Técnica exige la Orden Ministerial vigente. La tramitación de una nueva OM requiere de plazos muy cortos, pero sus consecuencias son muy efectivas: ello obliga a todas las



universidades a adaptar sus títulos a la nueva orden vigente, lo cual garantiza la igualdad en todo el país y en el menor tiempo posible.

6. La secuencia de aprendizaje de los conceptos en la metodología BIM sigue la misma secuencia temporal de las disciplinas que integran un plan de estudios genérico del Grado en Arquitectura Técnica: desde el punto de vista temporal la propuesta contemplaría integrar la metodología BIM desde el primer semestre del grado y aprovechando su doble potencial como herramienta que permite reproducir en el aula el proceso constructivo y simularlo y como metodología de trabajo.
7. Desde el punto de vista formal la propuesta se debería materializar en una serie de asignaturas-taller BIM por curso, con la participación, en cuanto a contenidos, actividades y créditos, de las asignaturas y de los profesores del curso correspondiente. Con ello se conseguiría mantener la estructura curricular y de créditos de las asignaturas por curso, semestre y asignatura; el carácter integrador de la formación que el sector demanda; y con el menor número posible de profesores con formación BIM, y por tanto, la menor inversión económica, de personal e infraestructuras por parte de la universidad.
8. Desde el punto de vista metodológico la propuesta no debería contemplar otra posibilidad que no fuese el trabajo colaborativo en el aula con aprendizaje basado en proyectos y evaluación formativa que garantizase además la adquisición de las competencias transversales exigidas por todas las universidades en respuesta a los requerimientos del EEES.

Como **conclusión final** del trabajo de investigación y respondiendo al objetivo principal del mismo nos encontramos en condiciones de decir que sí que es posible la modificación del programa de estudios del Grado en Arquitectura Técnica para adaptarse a las exigencias que la integración de la metodología BIM en el sector de la construcción va a generar en este momento tan concreto de la historia de esta profesión.

La medida en la que se haga dependerá de la voluntad de las instituciones superiores a las universidades que son las que han de poner en marcha la modificación de la orden ministerial. Desde las universidades hay que trabajar en esa línea y para forzar esa voluntad. Pero, en cualquier caso, todo indica, y así se propone, que el éxito de esta integración tendrá mayor posibilidad de alcanzarse si se incorpora la metodología BIM a los grados desde el principio, de forma integral, transversal y como metodología de trabajo docente.



7 REFERENCIAS

- [1] Parlamento Europeo 2014, DIRECTIVA 2014/24/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de febrero de 2014 sobre contratación pública y por la que se deroga la Directiva 2004/18/CE, Directiva edn.
- [2] Underwood, J. & Ayoade, O. 2015, "Current Position and Associated Challenges of BIM Education in UK Higher Education".
- [3] Manifiesto BIMCAT Barcelona. BIM European Summit. Barcelona 2015. Available from <http://europeanbimsummit.com/wp-content/uploads/2014/10/Manifiesto-BIMCAT-Barcelona.pdf>
- [4] Gobierno de España. Ministerio de Fomento. Decálogo. Plan de Acción de la Comisión BIM. Available from: <http://www.esbim.es/decalogo-plan-de-accion/>
- [5] Gil Gil, H. 2015, Gestión de proyectos con BIM: la adopción de esta metodología por parte del colectivo de Arquitectos Técnicos. TFG. UPV <http://hdl.handle.net/10251/53936>
- [6] Manifiesto Académico EUBIM. EUBIM 2015. UPV. València 2015. Available from http://www.eubim.com/2015/MANIFIESTO-BIM-ACADEMICO_EUBIM2015.pdf
- [7] Ferluga, G. 2015, "El Gobierno retrasa sin plazo la Ley de Servicios Profesionales", Cinco Días, [Online], vol. 03/02/2015, pp. 04/09/2015. Available from: http://cincodias.com/cincodias/2015/02/02/economia/1422909622_909665.html
- [8] Succar, B., octubre, 16 de 2015, 2014-last update, BIM Framework: BIM Knowledge Content [Homepage of Bilal Succar], [Online]. Available: <http://www.bimframework.info/2014/07/bim-knowledge-content.html> [septiembre, 19 de 2015, 2015].
- [9] Oliver Faubel, I. 2016. Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación. Diseño de una propuesta. Tesis doctoral. UPV. <http://hdl.handle.net/10251/61294>



LAS NORMAS TECNOLÓGICAS DE LA EDIFICACIÓN COMO AYUDA A LA ADOPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA BIM EN ESPAÑA

Mora Pueyo, Augusto (1)

(1) Arquitecto. Profesor de Construcciones Civiles y Edificación en CPIFP Pirámide (Huesca). Estudiante de Doctorado en EINA-UNIZAR, Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza.

RESUMEN

En España, el nivel de adopción de la tecnología BIM para desarrollar proyectos de edificación es más bajo que en otros países de nuestro entorno competitivo.

Varios son los problemas que debe vencer el BIM para aumentar su penetración: la resistencia al cambio y la ausencia de un estándar o sistematización de la información.

Las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE) pueden ser un valioso aliado en la adopción del BIM. Las NTE tienen una presencia muy importante en numerosos contenidos de los proyectos de edificación en España, por lo que su actualización y adaptación al BIM ayudaría a vencer el temor de los más reticentes a adoptarlo, y además hay múltiples paralelismos entre las NTE y el BIM, como son su enfoque global, desde el diseño y representación hasta las operaciones de mantenimiento, pasando por la construcción, el control, las mediciones y la valoración, y sobre todo la parametrización de las unidades de obra.

Las NTE también pueden aportar una sistematización y estandarización de documentos gracias a una codificación ampliamente conocida, sencilla y adaptable a nuevos contenidos.

Palabras clave: *adopción BIM, codificación, NTE, parametrización*

ABSTRACT

In Spain, the use of BIM technology to develop building projects is very low compared to neighborhood countries.

BIM has to defeat several barriers in order to maximize its penetration: resistance to change and the lack of a standard of how to manage the information.

The NTE (Normas Tecnológicas de la Edificación, Building Technological Standards) can be very useful in the adoption process of BIM technology. The NTE Standards have a strong presence in many contents of building projects in Spain, so updating and adapting them to BIM could help to overcome the fear of the most reluctant and there are many similarities between NTE and BIM, as its global approach, from design and drafting to maintenance, including construction, control, measurement, and especially the parametrization of building elements.



The NTE can also make a systematization and standardization of documents thanks to a well-known encoding, simple and adaptable to new content encoding.

Keywords: *BIM adoption, building, NTE, parametrization*

1 INTRODUCCIÓN

Que la tecnología BIM aporta grandes beneficios a todo el proceso de construcción es pacíficamente aceptado. Sin embargo en España, su grado de adopción es inferior al de la mayoría de los países de nuestro entorno competitivo.

En los últimos años, vemos como crecen los eventos relacionados con BIM y las ofertas de cursos de formación, pero para que esta tendencia se materialice y concrete en un despliegue y grado de implantación adecuado, todavía se necesitan resolver algunos problemas.

Recientemente, desde de la iniciativa uBIM que nació en el EUBIM 2013, se promulgaba la necesidad de crear unas normas o reglas generales para fomentar el uso del BIM de una forma inteligente, evitando en lo posible las situaciones de confusión que se producen por la falta de criterios comunes o estándares.

La iniciativa uBIM tomó como referencia el estándar finlandés COBIM para realizar la guía de usuarios BIM. Esta guía fue realizada de forma completamente altruista por un grupo de voluntarios y se obtuvo como resultado una serie de 14 documentos que abarcaban unas normas o recomendaciones de uso para afrontar desde el BIM múltiples tareas relacionadas con las distintas disciplinas que engloban el proyecto, la construcción y el mantenimiento de obras de construcción.

Sin embargo, tras esa primera fase, completamente necesaria por otra parte, es preciso ir más allá, para fomentar la adopción de las herramientas y flujos de trabajo BIM y vencer los temores y la resistencia al cambio que se plantean los usuarios de CAD, una tecnología consolidada pero en el límite de su evolución. Y tal vez no debamos ir de nuevo a Finlandia o a otros países para buscar un estándar, porque es posible que tengamos delante de nuestros ojos normas y estándares muy difundidos, consolidados y que podrían actualizarse al BIM para fomentar su implantación.

2 LOS RETOS DE IMPLEMENTAR BIM

Si hay algo que realmente distingue al BIM del CAD 3D es la información no geométrica agregada.

El BIM va más allá de la representación tridimensional de objetos, incluye información adicional, nuevas dimensiones que sirven para evaluar la bondad de un diseño antes de



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

construirlo. El modelo BIM es un prototipo virtual del edificio del que pueden extraerse muchos datos y plantearse múltiples simulaciones. Si el edificio está construido virtualmente pueden obtenerse rápidamente datos de mediciones de las distintas unidades de obra.

Y esto, que a priori es la enorme fortaleza del BIM, la construcción virtual del edificio con mucha información agregada, puede ser también su mayor amenaza.

El BIM debe afrontar varios retos importantes para su implantación en España.

a) vencer la resistencia al cambio.

La forma tradicional de llevar a cabo el desarrollo documental de un proyecto ha sido documento a documento, de forma secuencial, usando herramientas digitales limitadas como el CAD. La información no se compartía o se hacía de forma parcial, cada agente implicado en el proyecto operaba desde la parcela de su disciplina concreta, lo que complicaba en muchos casos la coordinación en el resultado final.

Esta forma de trabajar lleva utilizándose muchos años, desde mediados de la década de los 80 cuando se popularizó el uso del ordenador personal. A raíz de este uso prolongado, se ha mejorado todo el proceso, adoptando el uso de las nuevas tecnologías, incorporando nuevos roles y funciones, hasta alcanzar el estado del arte actual, asentado, consolidado y con un nivel de desempeño notable. Pero aun así, hay cuestiones mejorables y que tienen difícil solución o abordaje desde el CAD.

El uso de BIM aporta innumerables ventajas sobre el modo tradicional de trabajar, pero supone un cambio de paradigma.

Se debe abandonar la concepción de diseño bidimensional, proyectando desde compartimentos estancos de conocimiento y representación. El modelo debe desarrollarse en tres dimensiones, es único para todos los intervinientes (como un edificio). Ya no se “dibujan” o “redactan” documentos aislados, se “modela” o “construye” un edificio sobre el que se integran los trabajos de todos los implicados, y no sólo eso, sino que además se trabaja con objetos inteligentes que tienen identidad y características constructivas definidas, en definitiva, se construye virtualmente un edificio único.

Sin embargo, la inercia generada por tantos años de uso del CAD, el desarrollo y el nivel del estado del arte alcanzado hacen que el BIM tenga que enfrentarse a una tecnología muy consolidada. La gran mayoría de los contenidos, estándares, herramientas... están enfocados al trabajo de forma tradicional, y eso genera temor al cambio entre todos los que en la actualidad vienen usando esta forma de trabajar, un temor lógico de quien tiene que abandonar un entorno conocido, desarrollado y maduro pero que ha alcanzado el límite de su evolución. El BIM representa una nueva metodología, con mucho futuro, pero que en algunos casos no cuenta con un soporte y desarrollo equiparables al CAD.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

Y ese temor solo puede vencerse aportando seguridad, seguridad que se puede alcanzar aplicando dos soluciones:

- con formación y asesoramiento, para que los nuevos usuarios puedan enfrentarse con éxito a sus tareas habituales en el desarrollo de proyectos de construcción.
- dotando al BIM de contenidos suficientes, creando un ecosistema de trabajo que dé seguridad a los nuevos usuarios.

b) Sistematizar la información.

El modelo BIM es una base de datos. Incorpora mucha información, más allá de la geometría, que suele identificarse como nuevas dimensiones del BIM, por ello suele hablarse de modelos 4D, 5D, 6D... en función de las nuevas variables de información agregadas al modelo.

Toda esa información puede convertir el modelo o edificio virtual en una auténtica Torre de Babel.

Si en la construcción de un edificio actual intervienen múltiples agentes y especialistas y BIM es la construcción virtual del edificio, resulta evidente que en ese modelo virtual se va a incorporar mucha información que proviene de distintas fuentes. Es necesario que toda esa información sea coherente.

Una de las formas con las que BIM permite incorporar la información de una forma estandarizada es mediante la parametrización. La parametrización es la acción de asignar parámetros o variables a distintas familias o tipos para poder controlar sus propiedades. Un parámetro no es más que una variable que permite controlar propiedades o dimensiones de objetos.

Mediante la parametrización, es posible crear elementos en el modelo BIM aplicando reglas y formulas, lo que automatiza, acelera y simplifica el proceso.

Además, la mayoría de las aplicaciones BIM admite el uso de parámetros personalizados.

Sin embargo el uso de parámetros personalizados, puede plantear problemas, especialmente por la nomenclatura o codificación de esos parámetros o por sus unidades.

La posibilidad de crear y modificar con amplio grado de libertad los parámetros utilizados en el contenido BIM puede ocasionar serios trastornos. Suele recurrirse al ejemplo de longitud, L, long, Length, largo... para identificar el problema que aparece cuando se utilizan distintas formas de decir lo mismo, y no es una cuestión menor, pues en la práctica implica que al compartir la información con otros usuarios, haya conflictos en identificar correctamente los contenidos.



En parámetros numéricos, es importante también unificar las unidades, porque siguiendo el símil anterior, puede haber problemas si para expresar una longitud se utilizan distintas unidades, como milímetros, metros, pulgadas...

En la actualidad en España no existe un estándar BIM ni nada que se le pueda asemejar para mitigar en lo posible los riesgos mencionados.

3 LAS NORMAS TECNOLÓGICAS DE LA EDIFICACIÓN COMO NEXO DE TRANSICIÓN AL BIM

3.1 Las Normas Tecnológicas de la Edificación y el porqué de su importancia

A nadie que lleve unos años trabajando en el sector de la edificación en España se le puede pasar por alto la extraordinaria importancia que han tenido las Normas Tecnológicas de la Edificación (más conocidas por su acrónimo, NTE) en la estandarización de muchas soluciones constructivas.

Aparecidas en la década de los 70 del siglo pasado y aun no teniendo obligado cumplimiento, todavía hoy siguen vigentes y bastante utilizadas. No es extraño ver referencias a estas normas en multitud de documentos de proyectos y obras actuales, por ejemplo en pliegos de condiciones y en los epígrafes de las unidades de obra, así como en la documentación gráfica en forma de detalles constructivos.

Y sin embargo, esta situación es atípica: la mayoría de las normas técnicas de construcción de cualquier clase suelen quedar obsoletas en pocos años desde su promulgación. ¿Cómo es posible que las NTE, unas normas con más de 40 años de existencia, sigan presentes en nuestros proyectos?

Hay varias respuestas a esta pregunta, algunas con carácter positivo y otras negativas, y todas ciertamente tienen que hacernos pensar.

Las razones positivas de la aplicación actual de las NTE habría que buscarlas en:

- La universalidad.

Las NTE abarcaban la práctica totalidad de la casuística constructiva más habitual en España. Son un conjunto de 155 normas agrupadas en capítulos como acondicionamiento del terreno (A), cimentaciones (C), estructuras (E), fachadas (F), instalaciones (I), particiones (P), cubiertas (Q) y revestimientos (R). A su vez, cada uno de estos capítulos se ampliaba con subcapítulos que desarrollaban apartados específicos. Nacieron como unas normas capaces por sí solas de dar una respuesta rápida y sencilla a las tipologías constructivas más utilizadas.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

- Enfoque global.

El alcance de las NTE era bastante completo. Cada norma hacía un enfoque que abarcaba la práctica totalidad de la existencia de una determinada unidad de obra, desde las tareas de diseño hasta el mantenimiento, pasando por el cálculo, la construcción, la seguridad en el trabajo, el control y la valoración de las distintas soluciones planteadas. Y no solamente era profundo, sino que además esa profundidad se alcanzaba de forma sistemática cubriendo los aspectos más importantes y sin dejar ninguno sin desarrollar.

- La sencillez.

Las NTE han afrontado problemas complejos desde un enfoque sencillo y directo, lo que ha facilitado su uso generalizado, en especial para tener un orden de magnitud y una estrategia de abordaje a la hora de enfrentarse a operaciones más complejas. Con las NTE era fácil iniciarse en la solución de tareas complicadas porque se podía obtener un cálculo simplificado para tener un predimensionado del lado de la seguridad rápidamente.

- La codificación.

Las NTE usan un sistema sencillo y eficaz de codificación o clasificación de la información. Tienen el gran valor de sistematizar el amplísimo rango de soluciones constructivas que plantean con una nomenclatura ágil y fácilmente identificable.

- La difusión.

Como consecuencia de las razones anteriores, las NTE se han usado profusamente en multitud de documentos.

A la hora de diseñar, y antes de abordar cálculos complejos y detallados, las NTE han posibilitado obtener predimensionados.

Han servido de base para desarrollar descripciones de unidades de obra, en pliegos de condiciones, en el establecimiento de criterios de medición y valoración, de aceptación o rechazo de partidas...

En muchas ocasiones, y pese a no tener un carácter vinculante ni obligatorio, su amplia difusión ha hecho que se conviertan en "costumbre", en soluciones generalmente aceptadas. Se han convertido en un estándar de hecho.

Y como resumen de las características positivas es que no hay otro documento o norma de ninguna clase que haga lo que hacen las NTE: codificación. Estas normas son únicas en su género, ni siquiera la irrupción del Código Técnico de la Edificación (CTE) y algunos documentos asociados, como el Catálogo de Elementos Constructivos, han sido capaces de reducir significativamente su aplicación.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

En el lado negativo hay que destacar también algunos aspectos:

- Obsolescencia.

Muchas de las soluciones planteadas en las NTE han quedado obsoletas por la llegada de nuevos requisitos de calidad, nuevos materiales, nuevas soluciones constructivas.... Las normas NTE no han variado en sus contenidos desde su aparición, y por tanto en muchos casos se han visto superadas. Necesitan una revisión y una puesta al día para adaptarlas a la realidad actual, a las nuevas técnicas constructivas y materiales, a las nuevas normas y requisitos técnicos.

- Ausencia de criterios ambientales o de sostenibilidad.

Hoy hay una especial necesidad de que nuestros proyectos de edificación sean respetuosos con el medio ambiente. Aunque las NTE recogían cuestiones relativas al mantenimiento, no contemplaban en ningún caso variables ambientales, de sostenibilidad, de ahorro energético o de gestión de residuos, entre sus soluciones.

Sin embargo, estas características negativas, no han supuesto un impedimento significativo para limitar la aplicación hasta hoy de las NTE. De hecho han sido unas normas que han superado el paso del tiempo y la aparición de nuevas tecnologías.

Cuando apareció y se popularizó el uso del ordenador personal como herramienta para realizar la documentación de los proyectos, en especial el CAD o diseño asistido por computadora, los procesadores de textos para redactar memorias y pliegos, y los programas de presupuestos y mediciones, en poco tiempo se digitalizaron buena parte de los contenidos de estas normas.

Aparecieron ficheros de CAD que reproducían en formato electrónico muchos de los detalles constructivos de las NTE, y se incorporaron en ficheros de pliegos de condiciones y en bases de datos de precios de la construcción las referencias a estas normas, volvió a ponerlas en valor y a hacerles recuperar toda su utilidad en el nuevo escenario de herramientas informáticas para desarrollar los proyectos.

3.2 La adaptabilidad de las NTE

Varias son las formas en las que las NTE muestran su gran capacidad de adaptación:

a) La parametrización.

Al margen de los aspectos positivos mencionados de universalidad, profundidad, sencillez, codificación y difusión, las NTE incorporaban una característica muy relevante: la parametrización.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

La práctica totalidad de las unidades de obra descritas en las NTE presentan parámetros que permiten obtener múltiples objetos o ejemplares distintos a partir de una sola descripción o tipo.

Por ejemplo, la designación de una ventana de madera de dos hojas abatibles de eje vertical conforme a las NTE es como sigue:

FCM-3 ventana de dos hojas abatibles de eje vertical A-B

En esta designación se pueden observar dos partes, una primera parte descriptiva, integrada por un código de identificación (FCM-3) y una descripción más inteligible (ventana de dos hojas abatibles de eje vertical), y una segunda parte integrada por parámetros.

Los parámetros A y B son las dimensiones de la ventana, altura y anchura respectivamente. Variando estos parámetros, es posible obtener diferentes ejemplares del mismo tipo.

Además no solo se parametrizan dimensiones, sino en algunos casos también materiales, por ejemplo en la designación de una zapata de cimentación aislada CSZ-1, se identifican y codifican los materiales que la componen.

De esta forma las unidades de obra de las NTE pueden adaptarse a los requisitos de la práctica totalidad de los proyectos.

b) La capacidad de evolucionar y de coexistir en diversos escenarios.

La versatilidad de las NTE va más allá de la parametrización, una característica que las hace especialmente interesantes es su adaptabilidad y su capacidad de evolucionar. El enfoque sistemático de las NTE y su desarrollo modular las dota de la flexibilidad suficiente como para adaptarse a nuevos escenarios y requisitos.

El hecho de que hayan nacido hace más de 40 años, las convierte en unos documentos inicialmente analógicos, pero su uso y vigencia durante todo ese tiempo las ha hecho evolucionar y amoldarse a los nuevos entornos de trabajo. El paso del mundo analógico al digital que supuso la implantación del CAD no fue tan drástico porque simplemente evolucionaron los medios, no los contenidos. En el caso de las NTE, el contenido en papel fue digitalizado para poder ser usado con las nuevas herramientas informáticas.

Y las NTE pueden seguir evolucionando de varias formas más:

- actualizando su contenido para cumplir con los nuevos requisitos y normas.
- incorporando nuevos materiales y técnicas constructivas.
- contemplando nuevos aspectos y exigencias, como los ambientales o de sostenibilidad.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

Durante todo este tiempo las NTE han coexistido en formato físico y en formato lógico, dando soporte y coherencia documental a todos los proyectistas independientemente de que usaran herramientas analógicas o digitales.

3.3 Más allá de las 3D

Las Normas tecnológicas de la Edificación contemplaban ya desde sus orígenes múltiples aspectos, mucha información adicional, más allá de la geometría. Cada norma NTE constituye un documento completo que abarca cuestiones importantes más allá del simple cálculo o dimensionamiento.

- Criterios de medición y valoración.

Todas las NTE desarrollan un apartado específico de criterios de medición y valoración, que se han incorporado posteriormente a las diferentes unidades de obra de los bancos de precios más utilizados en el país.

- Tolerancias o criterios de aceptación o rechazo de la ejecución.

Las NTE también establecían los umbrales de tolerancia para aceptar o rechazar la ejecución de las distintas partidas, es decir parámetros estándar de calidad real de ejecución, criterios para que los directores de obra validaran las soluciones ejecutadas.

Hoy en día existen aplicaciones BIM que permiten definir reglas de comprobación de diversos aspectos del modelo, por lo que sería posible incorporar los criterios de control de las NTE para verificar si se han ejecutado correctamente las distintas partidas.

- Cuestiones relativas al mantenimiento y conservación.

Las NTE han sido durante muchos años las únicas normas que han regulado de una forma sistematizada los aspectos relacionados con las operaciones de mantenimiento y conservación.

3.4 ¿Cómo pueden ayudar las NTE en la transición al BIM?

Las Normas Tecnológicas de la Edificación pueden resultar de gran ayuda en la adopción del BIM.

Ya se han citado los problemas fundamentales que dificultan la adopción del BIM:

- la resistencia al cambio o la inercia que produce el uso de una tecnología consolidada.

- la necesidad de una sistematización o regulación que ponga orden en el posible caos que puede generarse por el uso y agregación de mucha información de forma descontrolada.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

- ¿Cómo pueden ayudar las NTE a vencer la resistencia al cambio que supone la adopción del BIM?

La amplia difusión y conocimiento del que gozan las NTE puede contribuir a popularizar el BIM, a facilitar su adopción.

Uno de los mayores impedimentos para implementar soluciones BIM es la resistencia inicial. Muchas oficinas técnicas, despachos profesionales, usuarios... llevan años usando el CAD, se sienten cómodos con él y temen que dar el salto al BIM sea un salto muy grande, que les reste productividad. Vencer esa inercia puede suponer en muchos casos una tarea ardua. El miedo al cambio es algo inherente al ser humano, especialmente cuando el cambio es importante.

Cambiar a BIM desde CAD implica no sólo cambiar los medios o herramientas, es un cambio conceptual. Con BIM ya no se dibuja, se construye, y si a ese cambio de mentalidad le añadimos la necesidad de bregar con un nuevo contenido, con una nomenclatura y clasificación desconocidas, con una falta de estándares... la barrera puede ser infranqueable.

Las NTE pueden ser actualizadas y adaptadas al BIM sin gran esfuerzo, de forma parecida a como se adaptaron en su día al CAD. La adaptación al BIM de las NTE podría facilitar que muchos usuarios actuales de CAD afronten la transición de una forma menos traumática, porque el nuevo usuario BIM se encontraría con un contenido familiar y una nomenclatura y clasificación ya conocidas y probadas, por lo que el cambio sería menor.

- ¿Cómo pueden contribuir las NTE a sistematizar y regular la información agregada del BIM?

En el flujo de trabajo BIM se van a utilizar simultáneamente aplicaciones que ya llevan utilizándose bastantes años en el mercado y a compartir información entre ellas, como los programas de mediciones y presupuestos que usan bancos de precios más o menos extendidos, pliegos de condiciones... etc. Muchos de estos documentos ya hacen referencia a las NTE, precisamente porque llevan tiempo usándose y la codificación o nomenclatura para cada unidad de obra que se recoge en las NTE se ha demostrado sencilla y eficaz.

Por tanto, si se adaptan las normas NTE para ser utilizadas con herramientas BIM, se mejorará la integración de los contenidos entre distintas aplicaciones.

Además, como ya se ha comentado, las NTE incluyen unidades de obra paramétricas, lo que las hace especialmente adecuadas para el BIM, que basa buena parte de su potencia en la parametrización de contenidos. Si se adoptan como un posible estándar las unidades de obra paramétricas de las NTE en flujos de trabajo BIM, el intercambio o compartición de información entre usuarios se realizará con coherencia.

- Las NTE son unas normas integradoras.



Mediante el uso del BIM se pretende que el modelo virtual del edificio sea la base para obtener todos los documentos del proyecto de una forma coherente.

Cada norma NTE integra múltiples aspectos de cada unidad de obra: diseño, cálculo, construcción, seguridad durante la ejecución, criterios de medición y valoración y operaciones de mantenimiento, lo que las hace especialmente adecuadas para ser utilizadas en flujos de trabajo BIM, puesto que la filosofía BIM es también integradora y pretende contemplar la edificación desde un punto de vista global, comprensiva de todas las fases del ciclo de vida del edificio.

4 CONCLUSIONES

Como ya se ha mencionado, las normas NTE llevan usándose mucho tiempo, superando la irrupción de distintos avances tecnológicos en la redacción de proyectos, adaptándose a las herramientas digitales como el CAD o las aplicaciones para confeccionar mediciones y presupuestos. Han supuesto una herramienta de sistematización de la documentación de los proyectos, de uso bastante sencillo y asequible, con amplia difusión y que abordaban múltiples aspectos o enfoques de muchas unidades de obra que cubrían la mayoría de las técnicas constructivas.

El BIM supone un salto cualitativo importante, un cambio conceptual a la hora de abordar las tareas de redacción de un proyecto de construcción, lo que puede causar resistencia entre proyectistas u otros agentes involucrados en el proceso del proyecto, por el temor a tener que renunciar a una forma de trabajar, a unos contenidos y a unos estándares, y también requiere contemplar como se estructura toda la información agregada al modelo para que sea útil y fiable para todos los implicados en el proceso.

Las NTE contemplan múltiples soluciones que son aplicables al mundo BIM directamente o con muy pocos cambios.

Con las NTE adaptadas a los flujos de trabajo BIM se podría conseguir un contenido ya de sobra conocido, con una codificación que podría servir para ayudar a estandarizar la documentación de construcción.

5 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Decreto 3565/1972, de 22 de diciembre, del Ministerio de la Vivienda (BOE 15/01/1973) por el que se establecen las Normas Tecnológicas de la Edificación. (<https://www.boe.es/boe/dias/1973/01/15/pdfs/A00752-00756.pdf>).



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

- [2] Orden de 15 de julio de 1988 por la que se modifica la norma tecnológica de la edificación NTE-EHP: «Estructuras de hormigón armado. Pórticos» (<https://www.boe.es/boe/dias/1988/08/01/pdfs/A23645-23673.pdf>).
- [3] Orden de 4 de diciembre de 1986 por la que se aprueba la norma tecnológica de la edificación NTECSZ: «Cimentaciones superficiales. Zapatas». (<https://www.boe.es/boe/dias/1986/12/16/pdfs/A40943-40959.pdf>).
- [4] Orden de 26 de septiembre de 1986 por la que se aprueba la Norma Tecnológica de la Edificación NTE-IGA: «Instalaciones de gas. Aire comprimido». (<https://www.boe.es/boe/dias/1986/10/03/pdfs/A33833-33845.pdf>).
- [5] Orden de 22 de agosto de 1986 por la que se aprueba la Norma Tecnológica de la Edificación NTE-EAE: «Estructuras de acero, Espaciales». (<https://www.boe.es/boe/dias/1986/09/06/pdfs/A31059-31070.pdf>).
- [6] Orden de 8 de abril de 1986 por la que se aprueba la revisión de la Norma Tecnológica de la Edificación NTE-RSC: «Revestimientos de suelos y escaleras. Continuos». (<https://www.boe.es/boe/dias/1986/04/18/pdfs/A13772-13783.pdf>).
- [7] Orden de 12 de abril de 1984 por la que se aprueba la Norma Tecnológica de la Edificación NTE-CSL, «Cimentaciones superficiales. Losas». (<https://www.boe.es/boe/dias/1984/05/18/pdfs/A13700-13707.pdf>).
- [8] Orden de 23 de mayo de 1983 por la que se modifica la clasificación sistemática de las normas tecnológicas de la edificación NTE, contenida en el anexo del Decreto 3565/1972, de 23 de diciembre. (<https://www.boe.es/boe/dias/1983/05/31/pdfs/A15167-15168.pdf>). 288, 49-59.



IMPACTO DEL BIM EN LA GESTIÓN DEL PROYECTO Y LA OBRA DE ARQUITECTURA: UN PROYECTO CON REVIT

Oya Sala, Tania (1)

(1) Máster Universitario en Arquitectura de la Universidad Politécnica de Valencia. taoysa@arq.upv.es

RESUMEN

En la actualidad, la nueva metodología de la industria de la arquitectura y la construcción, llamada Building Information Modeling, ha irrumpido con mucho ímpetu. En este trabajo se profundiza en ella. (<https://riunet.upv.es/handle/10251/55227>).

Debido a la crisis, el pinchazo de la burbuja inmobiliaria a finales de 2007 y al penoso modelo productivo de la construcción instaurado, se buscó un modelo más competitivo y eficiente: el BIM. Este método repercute muy positivamente en la comunicación, colaboración, simulación y optimización del proyecto.

Mediante este estudio se ha probado dicho sistema con una aplicación práctica siguiendo un orden cronológico de trabajos. En primer lugar parte de una metodología de representación del proyecto, con el uso de las fases de ésta en un edificio de estudio real. Para ello se ha utilizado un proyecto de vivienda unifamiliar situado en la Canyada, del estudio Opta-Arquitectura del año 2015. A continuación, se ha realizado un seguimiento de la ejecución de la obra in situ. Y para acabar, con los datos recabados, se ha analizado el impacto que tiene esta tecnología en ambos apartados, sacando conclusiones propias.

En definitiva se analiza el impacto del BIM en comparación con otras alternativas utilizadas hasta el momento, desde el punto de vista del diseño y la ejecución.

Palabras clave: *Building Information Modeling (BIM), gestión de obra, modelo 3D, nivel de desarrollo (LOD, level of development), Revit.*

ABSTRACT

Nowadays, the new methodology in the architecture and building industry known as Building Information Modeling has bursted with impetus. This paper deepens into it. (<https://riunet.upv.es/handle/10251/55227>).

Due to the economic crisis, the bursting of the real estate building in the end of 2007 and the building production model, a new more competitive and efficient model was needed. Then, it arouse the BIM. This method impacts positively in the communication, collaboration, simulation and optimization of the project.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

In this paper, this model has been proved following the chronological order of the work. Firstly, part of the methodology of representation of the project, with its phases in a building. For this purpose, it has been used a project of a single-family house in La Canyada, of the Opta-Arquitectura firm in 2015. Then, the monitoring of construction process in situ. Finally, with all the data collected, the impact of this technology has been analysed, and the conclusions drawn.

In the end, it analyses the BIM impact comparing it with the alternatives already used, from the point of the view of the design and performance.

Key words: Building Information Modeling (BIM), construction model, 3D model, development level, Revit.

1 INTRODUCCIÓN

El producto construido resultante del sector de la construcción tiene una serie de características intrínsecas que lo diferencia de los demás. Este es un producto único y heterogéneo que no se puede fabricar en serie, y es inamovible, puesto que la industria no se puede trasladar a cada emplazamiento donde se va a realizar la construcción. Como consecuencia del proceso de ejecución y diseño se producen numerosos cambios, que conllevan un elevado tiempo de producción y requiere de gestión y mantenimiento. Además puede haber una mayor complejidad y singularidad aportada por el propio usuario, debido a una búsqueda estética, el respeto al medio ambiente... [1]

Desde siempre, todos los planos y dibujos se han realizado mediante lápiz y papel, cuyo proceso era largo y costoso. Hace treinta años se produjo la primera revolución en este sector con la introducción del CAD. Se trataba de llevar a cabo los mismos dibujos, pero mediante un programa informático; y así disminuyó el tiempo de elaboración del proyecto. No obstante, se seguía con los dibujos en dos dimensiones, donde a la hora de llevar a cabo modificaciones, había que cambiar cada plano.

Hace poco, en España se empezó a usar de forma activa otra metodología para la elaboración de planos en la construcción: el BIM. Ésta facilita la perspectiva visual, debido a su modelado en tres dimensiones, rapidez en las modificaciones del proyecto, coherencia de la documentación, coordinación entre agentes intervinientes, etc.; logrando una mayor eficiencia en el trabajo y reduciendo el tiempo a dedicar y los errores.

En el presente trabajo se pretende identificar y evaluar el impacto del BIM en la gestión del proyecto y el seguimiento de una obra. Para ello, se presenta y analiza la metodología BIM, se compara con CAD, se estudia su impacto y se desarrolla en un caso práctico.

Se pretende mostrar una visión práctica de la metodología BIM. Para todo ello, gracias a la ayuda del arquitecto redactor del proyecto Ignacio Taberner Gómez-Ferrer, se utiliza una vivienda unifamiliar situada en la Canyada (Paterna), donde ya se había redactado el proyecto y empezaba la fase de ejecución cuando empezó el trabajo.



2 CASO DE ESTUDIO

La vivienda se ubica al norte de la parcela, dejando unos 14 m a sur donde se inserta la piscina junto con la zona de terraza y desde donde se produce el acceso.

El proyecto se compone de planta sótano, planta baja y planta primera. Dotada de cuatro habitaciones, cuatro baños, cocina, sala de estar-comedor, vestíbulo, lavadero, garaje y cuartos de instalaciones.

2.1 Proceso de diseño

Para empezar el modelado se ha utilizado el software Revit, partiendo de la documentación base suficiente proporcionada por el arquitecto, donde se proveyó de los archivos gráficos de CAD referentes a un proyecto básico, y a un proyecto de ejecución.

Una vez analizada y estudiada la información se procede a la realización del modelo en los distintos niveles de desarrollo. Lo primero que se ve es que no se empieza trazando líneas, sino que se realiza un proceso con una serie de pautas, y se empieza siempre de abajo hacia arriba, como ocurre en la realidad. Dentro de estas pautas están comprendidos los niveles. Para poder realizarlos, se importa una sección en jpg y se definen los cinco niveles que forman el proyecto. En cada nivel se crea una vista en planta. Y en cada una de ellas se inserta la planta de CAD correspondiente a cada nivel, insertando distintas rejillas, es decir líneas de replanteo, que facilitan dicha tarea. Una vez realizado este proceso se empieza con el modelado en tres dimensiones del proyecto. En primer lugar, se realiza la topografía según el proyecto definiendo el sótano y la piscina. Y en segundo lugar se establece, con ayuda de las rejillas colocadas en un primer momento, la estructura.

Debido a que es un proyecto ya totalmente definido no se considera necesario la definición de un nivel de desarrollo inicial (LOD 100), sino que se realiza directamente la definición de LOD 200 y LOD 300 para obtener un proyecto de ejecución final, aun no siendo este el proceso natural de diseño. [2]

Un paso esencial y básico antes de la colocación de los elementos, es su definición. Se crean distintos tipos de elementos. A partir de aquí, se comienza a definir el edificio siguiendo el orden de colocación de muros, suelos y cubierta.

En primer lugar se crean los tipos de muros. Luego se prosigue a la inserción de los elementos en 3D. Se sigue el orden lógico recomendado, se dibujan los muros y particiones de las diferentes vistas de niveles, comenzando por la planta sótano hasta la planta primera. A la hora de realizarlo se selecciona el nivel hasta el cual se quiere prolongar el muro o revestimiento.

Posteriormente se realizan los distintos suelos, la cubierta y las escaleras. Teniendo en cuenta que estas últimas, a diferencia de otros elementos constructivos, pueden llegar a ser un problema a la hora de modelar con Revit, al no ser un elemento muy desarrollado por el

software. En este trabajo se realizan correctamente las escaleras, pero aun así el tiempo de dedicación ha sido prolongado.

En este punto del proyecto, se insertan además las distintas carpinterías, creando y modificando los distintos tipos, y cargando las piezas de mobiliario necesarias para confeccionar el proyecto. Posteriormente también se crearon los falsos techos y el hueco en el forjado de planta primera para enrasar el pavimento.

2.1.1 Modificaciones

A la hora de seguir el proceso de desarrollo del proyecto, aparecieron ciertas incongruencias no reflejadas en la documentación del proyecto. Esto se podría haber evitado, seguramente, con la utilización de la tecnología BIM. Todo esto se plasma posteriormente en la obra, aunque muchos de estos problemas no llegan a apreciarse ya que el diseñador del proyecto tiene en claro todos los datos no reflejados.

En este apartado, se desarrollan en más detalle las indefiniciones encontradas, y no las incongruencias, tratadas más adelante.

Indefinición I. Escalera de la piscina incompleta

Al utilizar herramientas tradicionales, la documentación que finalmente se aporta no garantiza cierto grado de fiabilidad, que sí puede proporcionar aquellas que utilizan la tecnología BIM. Consultando los distintos planos, se observó que había cierta incoherencia entre ellos y que esto podría llevar a cierta confusión en los operarios.

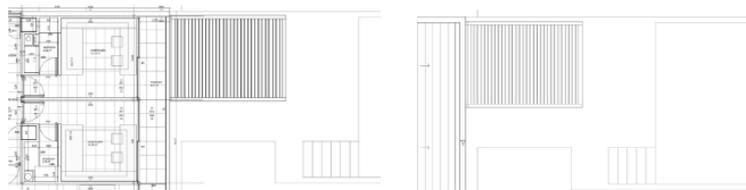


Fig 1. Indefiniciones: piscina. Año 2015. Estudio Opta-arquitectura

Es cierto que en este caso concreto, cuando se trata del peldañado de una escalera en la piscina no da pie a mucha confusión. Pero en otros elementos y procesos constructivos podría padecerse.

Indefinición II. Materialidad y construcción del hueco de lucernario

Al realizar el diseño de la vivienda unifamiliar, se encontró la indefinición del hueco del lucernario.

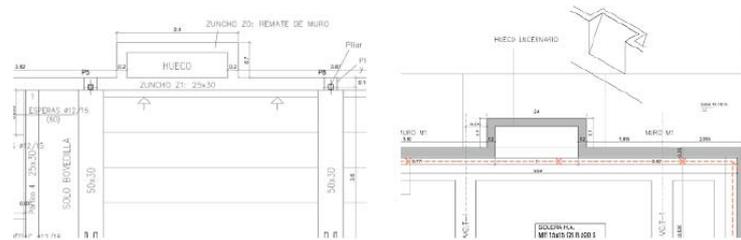


Fig 2. Indefiniciones: lucernario. 2015. Estudio Opta-arquitectura

Al trabajar con un programa BIM es necesaria la documentación concerniente a la materialidad del elemento y a su construcción. Por lo cual se contacta con el arquitecto, que explicó que era una parte del proyecto no definida aun. De hecho, finalmente se ha ejecutado el hueco del lucernario en forma rectangular y no triangular como había sido previsto al principio.

2.2 Proceso constructivo

En este apartado se va a profundizar y analizar el proceso constructivo del proyecto donde se verá su definición constructiva. Es importante recalcar que se trata de la información recabada durante un período de tiempo concreto, desde febrero hasta agosto 2015.

Además, para completar la documentación, se muestra un pequeño apartado de la entrevista realizada al arquitecto, el cual explica ciertos aspectos fundamentales que solo así se hubiesen podido detectar.

2.2.1 Definición constructiva del edificio

Dadas las características del terreno, con alternancia de roca y conglomerado calizos, la cimentación del edificio se realiza mediante zapatas corridas bajo muros y aisladas bajo pilares, unidas entre sí mediante vigas de atado.

La estructura portante vertical del edificio se resuelve mediante muros de hormigón armado en sótano y pilares metálicos embebidos en cerramientos en su mayor parte en las plantas sobre rasante. Los pilares tienen crucetas en sus cabezas para evitar el punzonamiento sobre los forjados.

La estructura horizontal y la cubierta se han resuelto mediante losas de hormigón armado y forjados de vigueta prefabricada y bovedilla de hormigón. Así mismo, las escaleras también se llevan a cabo mediante losa de hormigón armado.

La envolvente edificatoria está compuesta por los siguientes elementos: cubierta, envolvente y suelo en contacto con el terreno.

La cubierta inclinada consta de teja plana sobre aislamiento térmico de poliestireno extruido de 60 mm y membrana impermeabilizante, con sistema de recogida de aguas oculto. La cubierta plana del sótano está igualmente aislada e impermeabilizada.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

Los cerramientos exteriores se resuelven mediante fábrica de ladrillo cerámico manual macizo de color claro, con enfoscado hidrófugo en su trasdós. En el interior el muro es trasdosado por un tabique autoportante de doble placa de yeso laminado, de 15 + 10 mm, sobre una subestructura metálica de acero galvanizado de 89/40 mm de espesor cada 40 cm y aislamiento térmico de lana mineral de 80 mm. Entre ambos se genera una cámara de aire de 4 cm, siendo el espesor total del cerramiento de 28,5 cm.

El suelo en contacto con el terreno se resuelve con una solera de hormigón de 20 cm de espesor, sobre cama de arena y encachado de bolos sobre el terreno natural.

Se incluye en proyecto también la construcción de una piscina con sistema de depuración, realizada con hormigón gunitado y armado, con revestimiento interior de plaquetas vitrificadas y bordillo de piedra natural similar al empleado como pavimento de la terraza, con iluminación interior del vaso y acceso mediante escalones de obra.

2.2.2 Observaciones del arquitecto de la obra

A continuación se transcribe un fragmento de la entrevista con González-Taberner que nos ayudará posteriormente a entender mejor el impacto del BIM en esta construcción.

“¿Ignacio, las indefiniciones o contradicciones, si las hubo, cómo fueron resueltas?

La verdad que en este proyecto y puesta en obra poco se ha dejado a la improvisación. Como dice la promotora de la vivienda, María Magdalena Rico Peiró, ‘Todo va al milímetro’. Aunque sí que podríamos analizar ciertos elementos que han ido cambiando a lo largo del proceso.

Por ejemplo, debido a la no planeidad del terreno se dejaron de excavar 20 cm, y además se puso una lámina impermeabilizante para sustituir 20 cm de encachado de gravas. Es decir, finalmente pudimos dejar de excavar 40 cm de roca con su correspondiente beneficio. Además, las contraventanas fueron eliminadas, por consiguiente las jambas se pusieron dobladas y se puso el dintel metálico no planteado en el proyecto. También, debido a preferencias de la propietaria y promotora se ha eliminado la rampa peatonal consiguiendo un mayor espacio exterior. Se trata de pequeños detalles.

Otros ejemplos también pueden ser que la excavación de la rampa para bajar los automóviles no estaba pensada como escalonada, como finalmente se ejecutó. Se ha sustituido la piedra natural por un porcelánico, la cubierta ha sido pintada con pintura asfáltica para que actúe de barrera contra vapor. También se me ocurre otro apunte que se suele dar mucho al trabajar con fachadas de ladrillo cara vista. A la hora de proyectar aún no sabíamos exactamente que ladrillos íbamos a utilizar, con lo cual, los huecos se han adaptado a la medida de estos nuevos ladrillos colocados en obra, de distintas dimensiones a los dibujados en el proceso de diseño. “

BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

2.3 Impacto del BIM

En este último punto, se comenta y analiza qué impacto se ha observado que sufriría dicha construcción si se hubiese realizado mediante la metodología BIM.

Cabe señalar que, debido a que no se ha podido estar presente en todos los procesos de la obra por motivos de tiempo, solo se han observado las partes de diseño y de construcción. Aún con este condicionante, se han detectado numerosos beneficios que hubiesen surgido de la aplicación de esta nueva metodología.

2.3.1 Etapa de diseño

2.3.1.1 Visualización con exactitud de datos

El modelo realizado con BIM se ha creado directamente en tres dimensiones en vez de ser representado por múltiples vistas 2D. Así pues, en todo momento se ha podido visualizar el diseño, con precisión y seguridad de datos.



Fig 3. Renders con programa BIM: Revit. 2015. Elaboración propia

2.3.1.2 Correcciones automáticas de bajo nivel

Como los elementos utilizados en el diseño están controlados paramétricamente mediante reglas de comportamiento con respecto a otros elementos, el modelo en tres dimensiones está libre de errores de geometría y coordinación espacial.

De este modo, cualquier modificación se ha podido implementar sin exceso de esfuerzo ni riesgo de introducción de errores con dichos cambios. Además se ha comprobado, gracias al detector de problemas, que hay ciertos puntos con incoherencias en el proyecto.

Para ilustrar lo dicho, se comenta un ejemplo encontrado. Al realizar las particiones, en concreto la partición de planta baja donde se encuentra un pilar UPN 120, se visualiza que éste sobresalía y tenía mayor anchura que la partición que tenía que envolverlo. Esto se

debe a que a la hora del diseño se insertaron unos cuadrados genéricos y no se tuvo en cuenta la estructura.

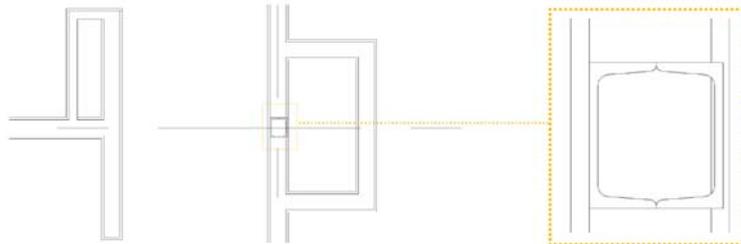


Fig 4. Incongruencias: Espesor de tabique. 2015. Elaboración propia

2.3.1.3 Generación de documentación exacta y coherente

Al realizar el diseño en 3D, cualquier modificación se aplica sobre el modelo; con lo cual, a la hora de generar planos de vistas en 2D, estos contienen la misma información que éste.

Usualmente en programas de dos dimensiones, como ocurre al utilizar Autocad, es necesario actualizar una a una las vistas 2D. Con esta nueva metodología, esto no es necesario con lo cual se produce una reducción del trabajo a desarrollar y del riesgo de errores; ya que, mediante el modelo BIM reflejamos directamente todas las vistas.

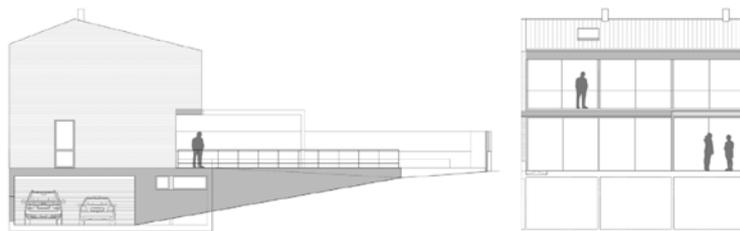


Fig 5. Incongruencias: Acabado fachadas de la vivienda. 2015. Estudio Opta-arquitectura

Al realizar el proceso de diseño con BIM ha sido necesario llegar a una solución óptima y coherente, analizando toda la información.

2.3.1.4 Rápida y fácil evaluación

Se puede apreciar el rápido cálculo de la superficie construida y la posibilidad de cuantificar las cantidades de algunos materiales desde niveles de desarrollo bajos, lo cual permite controlar en todo momento la edificabilidad y el ajuste del diseño a los costes previstos en el estudio. A continuación se muestra el cálculo de la superficie construida en planta sótano realizado en el modelo mediante el uso de etiquetas.

Tabla 1. Tabla de superficies con programa BIM: Revit. 2015. Elaboración propia

Nivel	Nombre	Área	Perímetro	Volumen
SOT 0	Baño	4.22 m ²	8.30	10.61 m ³
SOT 0	Vestíbulo	31.49 m ²	27.74	82.79 m ³
SOT 0	Cuarto instalaciones 1	6.11 m ²	10.45	15.34 m ³
SOT 0	Cuarto instalaciones 2	6.14 m ²	10.49	15.42 m ³
SOT 0	Garaje	53.92 m ²	29.59	135.14 m ³
SOT 0: 5		101.89 m ²	86.58	

2.3.1 Etapa de ejecución

En la fase de ejecución de la obra, el impacto que un cambio puede ocasionar es muy alto. Es muy importante prever cual será dicha repercusión, qué elementos se verán afectados, el coste, cómo afectará al tiempo...

Con el modelo en BIM, los cambios y el cálculo de las repercusiones son inmediatas. Se ajustan automáticamente en todas las vistas del proyecto. Además se tiene la seguridad que si hay cualquier elemento que interfiera con otro, será en el momento.

Si además se promueve la colaboración entre el equipo de diseño y el de construcción, la detección de errores y omisiones está muy bien controlada, y se podrá reducir considerablemente. Esto facilitará un flujo de trabajo dinámico y sencillo entre todos los agentes intervinientes en el proyecto.

Mientras se realiza el seguimiento de obra y construcción se ha podido observar distintas situaciones favorecidas por la utilización de la nueva metodología.

2.3.1.1 Rapidez ante cambios. Supresión de 40 cm de excavación.

Al hacer el replanteo y las mediciones de la parcela el equipo de trabajo se percató que el territorio no estaba nivelado, había un incremento de 20 cm de la cota de rasante prevista en el proyecto de ejecución en una zona. Además de esto, para disminuir costes se optó por reemplazar 20 cm de enchado de gravas por una lámina impermeabilizante. Con lo cual, se excavaron 40 cm menos del estrato rocoso, con el consiguiente beneficio económico. Todas estas modificaciones se pueden apreciar en la tabla que se encuentra a continuación.

Código	Ud	Descripción	Presupuesto			Liquidación obra 16-7-15			Desviación			Observaciones
			Medición	Precio	Importe	Medición	Precio	Importe	Medición	Precio	Importe	
ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO												
1.2	m3	Excavación tránsitos medios	112	12,3	1500,6	122	12,3	1500,6	---	---	---	ok, se excavó 20 cm de menos, pero se hizo excavación del ventanal sótano
1.8	m3	Relleno tierras propias	23,9	5,3	126,67	---	5,3	---	23,9	---	126,67	ok, no ejecutado
CIMENTACIÓN												
2.9	m2	Fratasado garaje	---	330	---	1	330	330	1	---	330	ok
2.10	m2	Lámina EPDM sótano	---	15,5	---	105	15,5	1627,5	105	---	1627,5	ok
2.12	m2	Exceso de hormigón muros vistos 25/35 cm	---	60	---	14,63	60	877,95	14,63	---	877,95	ok, espesor real 25 cm, 35 cm en medianera

Fig 6. Modificaciones en fase de ejecución: ejemplos. 2015. Elaboración propia



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

En naranja claro se representan las ganancias, debido a que estaba previsto su ejecución y finalmente no se produjo; implicando un ahorro económico importante.

Esta modificación supuso por parte del arquitecto un nuevo planteamiento de niveles y un cálculo de la rampa adecuándose a la normativa. Por descontado acarreado unos días más de trabajo y tiempo en el estudio. Asimismo, para la representación a final de obra, deberían también modificarse los distintos planos.

Utilizando la metodología BIM todo ello se reajustaría en cinco segundos, simplemente con un cambio en los niveles. Con lo cual, el impacto se representaría en forma de ahorro de trabajo y de tiempo por parte del diseñador del proyecto, lo que le convierte en mucho más productivo.

2.3.1.2 Mala coordinación de la información entre agentes del proceso de construcción. Muros de sótano.

En el comienzo de la construcción, cuando se estaban construyendo los muros de sótano, los materiales que se proporcionaron no eran los adecuados para realizarlos. Esto fue debido a que en el presupuesto los muros constaban como de hormigón, contruidos in situ pero sin prever que iban a ser vistos.

Actualmente, debido a que la información se crea en programas distintos, se manejan mucha cantidad de archivos diferentes. Esto hace más dificultoso el proceso de comprensión. Además, en esta ocasión surgió esta dificultad debido a que hubo una falta de coherencia entre el proyecto de ejecución, donde sí constaban dichos muros vistos, pero en cambio en el presupuesto no.

En la tabla anterior podemos apreciar (en tono naranja oscuro) las modificaciones que se produjeron en obra respecto a este percance.

Todo ello supuso un mayor encarecimiento de la obra, con unos resultados no tan buenos como los deseados por la propietaria de la vivienda y con su consiguiente pérdida de tiempo.

Si se hubiera realizado el proyecto con metodología BIM, este percance no se hubiese producido, ya que todos los agentes intervinientes hubiesen recibido la documentación precisa y exacta, a causa del sistema de funcionamiento de dicha metodología.

3 CONCLUSIONES

Hoy en día, muchos profesionales están frente a la duda entre optar por el método nuevo BIM o continuar con el CAD. En este punto cabe preguntarse si es rentable y productivo el cambio.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

Después de haber desarrollado las distintas partes de este trabajo, queda dar mi propia visión acerca de la metodología BIM. Para ello vamos a hablar primero de las ventajas que la metodología BIM nos puede aportar, éstas las podemos resumir en el siguiente esquema.

La primera mejora es en cuanto al diseño basado en parámetros, porque permite diseñar en función de los condicionantes reales del elemento que se estudia. Este hecho aumenta la interacción entre el modelo y el proyectista, ya que es muchísimo más didáctico y visual aumentar el ancho de un forjado que aumentar la separación entre dos líneas paralelas, como ocurre en el diseño CAD.

Un punto a destacar es la automatización y la interacción de objetos, que permiten agilizar la gestión de la información del edificio, además de aumentar las capacidades didácticas.

Asimismo, el hecho de contar con un único modelo que contiene toda la información hace que ésta siempre esté actualizada. Lo cual supone un aumento en la productividad, calidad y una mayor fiabilidad de los datos. Otra ventaja del BIM es que permite eliminar distintas tareas tediosas no relacionadas ni con el diseño ni con la construcción del edificio.

Finalmente, la metodología BIM permite también la implementación de elementos literales en el modelo, los cuales se podrán modelar manualmente para convertirlos en objetos. Aunque es más recomendable no usarlos cuando se precise de un nivel de detalle sustancial, como es el caso de los detalles constructivos.

No obstante, la metodología BIM también supone distintos inconvenientes y trabas para el actual sector.

El primer inconveniente apreciable a simple vista es la necesidad de formación. Esto no supone tampoco un gran esfuerzo ya que en unas treinta horas un profesional del sector puede conseguir dominar las tareas básicas de una aplicación BIM. Y, con un poco más de dedicación continuada, de formación práctica, adquirir un nivel de solvencia bastante adecuado. Aunque todo ello sea cierto, en el equipo indudablemente deberá aparecer un técnico que se forme de manera exhaustiva en el tema para poder realizar las tareas más complejas, como es por ejemplo el diseño de objetos paramétricos específicos. Aunque sin duda, el problema más difícil de superar es el cambio de filosofía de trabajo. Hay que trabajar de una forma más ordenada invirtiendo un mayor tiempo en gestión, y sobretodo aprender a diseñar por medio de objetos 3D en vez de dibujando con rayas, que es lo que normalmente nos enseñan.

Todos estos inconvenientes hacen de la migración hacia esta nueva metodología BIM un proceso delicado. Para resolver el problema de cómo hacer el cambio se podría proponer en estudios de cierta envergadura realizar pequeños equipos de trabajo que se encarguen de aplicarlo en proyectos pequeños y sencillos.

Una vez analizadas tanto las ventajas como las desventajas e implicaciones de la metodología BIM, cabe mencionar que los arquitectos diseñan, no dibujan líneas. Hoy en día, debido a la sensibilidad, los profesionales dedican mayor atención al grafismo que al



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

entendimiento por parte del cliente. El BIM permite facilitar dicha tarea al obligar a definir en cada momento la información del modelo en 3D con cierto detalle, el cual va creciendo a medida que se avanza en este proceso. Aunque cabe apuntar, que hay que ser eficientes y no incidir en excesivos detalles, para así diseñar el modelo con criterio ajustando la información al nivel que se requiera.

Asimismo la productividad es mucho mayor y se consigue muy rápidamente con la aplicación de esta metodología. Además permite tener la certeza de la adquisición de una documentación precisa y fiable. Al frente de todo este proceso es indispensable la figura de un CAD Manager, el cual gestionará la infraestructura tecnológica, además de realizar tareas tan importantes como definir ciertos aspectos del modelo o realizar la formación de los usuarios. Hoy en día el BIM no es un panorama idílico, todo no son virtudes, las aplicaciones BIM deben mejorar, entre otros temas su visualización 3D. Aunque el aspecto que según mi opinión requiere mayor hincapié es la interoperabilidad. [3]

El mercado de las aplicaciones BIM está lo suficientemente actualizado como para plantearse la migración hacia esta nueva metodología. Dentro de ella todas las opciones tienen sus puntos fuertes y sus carencias. Se trata de escoger uno u otro software en función de las necesidades del propio usuario, las prestaciones del software, los foros y la información externa que se pueda obtener.

Queda claro que después de analizar el proceso de expansión y de crecimiento del BIM, éste va a acabar adueñándose del sector constructivo. La elección de ella se trata de una decisión estratégica, la cual mejorará la competitividad entre profesionales.

4 REFERENCIAS

- [1] Fuentes, B. (2014). Impacto De BIM En El Proceso Constructivo Español. Cuadernos EUBIM.
- [2] Rodríguez, J.L. (2014). Level of Development.
- [3] Coloma, E. (2008). Introducción a la tecnología BIM. Universitat Politècnica de Catalunya.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

MARCO DE IMPLANTACIÓN DE METODOLOGÍA BIM EN TITULACIÓN DE ARQUITECTURA

Agulló de Rueda, José (1), Jurado Egea, José (2), Liébana Carrasco, Oscar (3), Inglés Gosalbez, Beatriz (4)

- (1) Universidad Europea de Madrid, jose.agullo@universidadeuropea.es
- (2) Universidad Europea de Madrid, jose.jurado@universidadeuropea.es
- (3) Universidad Europea de Madrid, oscar.liebana@universidadeuropea.es
- (4) Universidad Europea de Madrid, beatriz.ingles@universidadeuropea.es

RESUMEN

Los conceptos y procesos BIM configuran un potencial indiscutible como metodología docente, y como tal deben encontrar un formato de implantación óptimo para responder con éxito al triple reto de, uno, formar los profesionales que la inminente implantación normativa precisa; dos, colaborar para la mejora del aprendizaje en general, y tres, adecuarse a los recursos y formatos existentes.

En la Universidad Europea de Madrid (UEM) se ha configurado un Marco de Implantación de metodología BIM en la docencia de Arquitectura, con una primera fase experimental de la que ya se pueden extrapolar datos. El Marco de implantación pivota sobre cuatro pilares fundamentales: Actividades docentes puntuales en Materias Convencionales; Talleres de Integración transversales; Formación extracurricular; y Formación en postgrado e investigación. El conjunto de formatos perfila un marco global que permite responder de manera ajustada a la diversidad de necesidades de implementación, cristalizando un flujo de aprendizaje (learnflow) coherente y sinérgico, y habilita para una gestión colaborativa y flexible a cargo de docentes y estudiantes.

En esta ponencia se propone un Marco de Implantación teórico basado en las experiencias prácticas de la UEM, extrapolable a otras Escuelas de Arquitectura, estructurado por curso académico, áreas de conocimiento, asignaturas, y ordenado por Niveles de madurez BIM así como Competencias específicas y transversales a desarrollar.

Palabras clave: *Arquitectura, Implantación, metodología BIM.*

ABSTRACT

BIM concepts and processes offer an undeniable potential as a teaching methodology, and as such must find an optimised implementation format to undertake successfully the triple challenge of; first, train the future professionals required by the impending regulatory implementation; second, collaborate to improve the over-all teaching and learning process, and third, adapt to current academic formats and resources.

In the European University of Madrid (UEM) a framework of implementation of BIM methodology has been configured in the Bachelor's Degree in Architecture, in a first experimental phase with valuable and transposable data. The implementation framework pivots on four main focuses: teaching activities in conventional subjects, transversal



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

integration workshops, extracurricular tools training and finally specific postgraduate studies and research projects. This thorough set of academic formats outlines a global framework in order to respond to the highly diverse requirements of a gradual implementation, crystallizing in a coherent and synergic learnflow, and enabling for a flexible and collaborative management by teachers and students.

This paper exposes the academic implementation framework based on the experiences applied in the UEM, articulated in academic years, areas of expertise and subjects, and based on levels of BIM maturity as well as specific and transversal skills to be developed.

Key words: *Architecture, Implementation, BIM methodology.*

1 INTRODUCCIÓN

El inicio de la implantación del BIM en la UEM ha sido un proceso gradual que comienza a inicios del curso 2013-14 por interés de varios profesores, principalmente del área de Tecnología, con el apoyo de la Dirección del Departamento y de la propia Escuela. Comienza la formación de forma aislada y centrada en los conocimientos de estos profesores, pero pronto se pasa al aprendizaje de herramientas BIM y a su implantación en las asignaturas de Proyectos de Tecnología, asignaturas de Integración de las diferentes disciplinas del departamento (estructuras, construcción, instalaciones y energía). Esta integración será la base del éxito de la implantación y el mayor desafío de la experiencia.

En paralelo a este comienzo se formó el BIMLab de la Universidad Europea de Madrid (UEM) como ente aglutinador de éstos esfuerzos, formado principalmente por estos profesores pioneros. Durante este curso 2015-16 se ha formado el ClubBIM, club de estudiantes y profesores que recoge la nueva masa crítica de alumnos interesados en BIM y que organizan talleres y cursos extracurriculares.

Este artículo parte de una Tesis Doctoral [1] desarrollada durante estos cursos, en la que se marca la base teórica de la implantación, definida por la doble perspectiva de la enseñanza secuenciada de flujos BIM y la metodología BIM como vehículo de aprendizaje general, y gestionada por Niveles de conocimiento BIM (figura 1) y Competencias académicas a desarrollar. Esta comunicación se centra en el marco práctico de su implantación.

El proceso de implantación BIM se basa en cuatro líneas que se explican a continuación: Aprendizaje de herramientas, Actividades puntuales en asignaturas, Actividades BIM en asignaturas de integración y Relación con el mundo profesional.

2 APRENDIZAJE DE HERRAMIENTAS BIM (TOOLS TRAINING)

2.1 Formación instrumental básica y avanzada de modelado

El objetivo de esta formación es la capacitación en el manejo de las herramientas de modelado básicas BIM al mayor número de estudiantes y profesores para crear una masa crítica de usuarios que facilite, tanto su preparación para el futuro profesional en BIM como para su uso en actividades docentes.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

El formato se establece en una duración media de 20-30h, extracurricular, voluntaria, gratuita (con mínimo de asistencia) y en paralelo a las asignaturas donde se requiere. Se ofrece en variante presencial, semipresencial y online para adaptarse a los alumnos. Se ha basado la formación en Revit [Autodesk] básico y avanzado.

2.2 Formación instrumental específica

El objetivo de esta formación es tanto difundir las características como capacitar estudiantes y profesores en herramientas de diseño y cálculo complementarias a las de modelado básico.

El formato se limita a duraciones cortas (5-10h) en sesiones presenciales de jornada única o doble, monotemática para facilitar asistencia y asimilación práctica. En ocasiones se organizan cursos intensivos de una semana donde se profundiza en el software, su metodología y enlaces con otras herramientas.

Se ha organizado formación de: Robot [Autodek], Tekla [Trimble], Designbuilder [Idem], Presto [Rib-Software], Dynamo [Autodesk], Tricalc [Arktec], Cype [CypeIngenieros], Vasari [Autodesk] entre otros. Existen referencias publicadas de este tipo de talleres [2].

2.3 Metodología BIM

El objetivo de esta formación interna, que forma parte del desarrollo de la carrera docente para los profesores, pero abierta a estudiantes, se enfoca en promover el conocimiento y asimilación de los flujos de trabajo BIM. Según complejidad y número de herramientas que intervienen en el flujo de datos (modelado, cálculo estructural, simulación energética, instalaciones, mediciones y presupuestos, planificación, etc.) se extiende la formación a jornadas presenciales (5h) múltiples (de 1 hasta 5 sesiones). El claustro de esta formación es el mismo que el Posgrado universitario de Gestión de proyectos BIM (BIM Manager) de la UEM.

2.4 Niveles de conocimiento y capacitación BIM

Para referenciar los niveles de conocimiento BIM necesarios para realizar adecuadamente las actividades académicas curriculares, se establece el baremo reflejado en la (figura 1), extrapolado del marco conceptual IMAC [3] y desarrollado en la Tesis Doctoral [1]. Cada nivel es representado por un color y se entiende independiente de los anteriores, aunque exista una línea lógica de aprendizaje indicada por las flechas.

BIM International Conference

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016



Fig 1. Niveles conocimiento BIM. 2016. Elaboración propia

3 ACTIVIDADES PUNTUALES BIM EN ASIGNATURAS ESPECÍFICAS

La metodología BIM debería utilizarse, más allá del propia asimilación pautada de flujos de datos BIM, para conseguir objetivos docentes en las asignaturas donde sea viable, útil e interesante. La introducción del BIM en asignaturas de forma aislada está directamente relacionada al interés y conocimiento BIM de sus profesores, y se debe entender como una herramienta docente más para la mejora de competencias y que prepara el camino para su uso en asignaturas posteriores como los talleres de integración.

Cada disciplina, o línea de asignaturas de un área tiene sus propios objetivos BIM independientes a los objetivos comunes en el Grado. Se propone su utilización en las siguientes asignaturas para conseguir un hilo coherente. Cada asignatura se muestra con su nombre, sus objetivos y el Nivel de conocimiento BIM necesario (ver figura 1).

3.1 Área de Estructuras

En el área de estructuras se intenta mediante BIM primero (E1) entender qué es estructura y cuáles son los elementos que la forman, posteriormente (E2) relacionar el modelo geométrico con el analítico y proceder con él a simulaciones estructurales y finalmente (E4) integrar lo anterior y documentarlo con planos, memorias y mediciones.

En las asignaturas de Mecánica y Análisis ya se ha realizado la implantación, permitiéndose en la primera utilizar también programas inicialmente no BIM (SketchUp [Trimble] y Rhino [RobertMCNeel]) pero que los alumnos manejan con soltura. En la segunda se ha utilizado preferentemente Tricalc y Cype, y la relación entre geometría y cálculo se ha realizado mediante IFC. La última asignatura (E3) se experimenta en este tercer trimestre por lo que todavía no hay experiencia.



BIM International Conference

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 20 y 21 de mayo 2016

Inicialmente no se ha incluido la asignatura de Dimensionado (E3) en la implantación BIM. Aunque repetiría los procesos de las anteriores, no aportaría nada extra.

E1	Mecánica de estructuras	Creación	A	B	C	D	E	F
Objetivo: entender una estructura (modelo 3D) y categorizar cada elemento estructural, con sus medidas y material (Tipo y material). Trabajo de curso autónomo: 0'6 ECTS								
E2	Análisis de estructuras	Simulación	A	B	C	D	E	F
Objetivo: analizar la estructura de un modelo BIM dado. Integración entre modelo geométrico y analítico. Trabajo de curso tutelado: 2 ECTS								
E4	Diseño de estructuras y cimentaciones	Documentación	A	B	C	D	E	F
Objetivo: Utilizar el modelo y la conexión con cálculo para agilizar el diseño. Documentado de un proyecto de estructuras. Dos trabajos de curso tutelados: Diseño y Proyecto + documentado: 3'6 ECTS								

3.2 Área de Construcción

En el área de Construcción se busca mediante BIM de inicio (C1) beneficiarse de la claridad de visualización y gestión de los sistemas técnicos e interrelación intrínseca, para posteriormente proceder a cálculos y simulaciones, primero sencillas y acotadas (C3, masa estructural y valoración de coste y ciclo de vida), y posteriormente más complejas (C4, eficiencia energética en variantes de envolvente).

La implantación experimental de actividad puntual (flujo de datos desde modelo arquitectónico a valoración de costes) en el área de Construcción ya se ha realizado en materia de Grado 300 (Industrialización y Proceso Constructivo, Grado en Arquitectura, UEM) resultando en significativa mejora de comprensión tanto de la gestión de mediciones y presupuestos, como de sus condicionantes en el modelado arquitectónico.

C1	Sistemas constructivos	Modificación	A	B	C	D	E	F
Objetivo: Revisar, modificar y evaluar un modelo BIM dado. Entender diferentes tipos de sistemas técnicos, su interrelación y prestaciones arquitectónicas. 0,5 ECTS								
C3	Sistemas estructurales	Simulación	A	B	C	D	E	F
Objetivo: Cuantificación masa estructural en modelo BIM dado. Análisis de costes y ciclo de vida de la estructura. 0,75 ECTS								
C4	Sistemas envolventes	Simulación	A	B	C	D	E	F
Objetivo: Simular diseño energético sobre modelo BIM dado. Ev. energética. 1, 25 ECTS								



BIM International Conference

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 20 y 21 de mayo 2016

3.3 Área de Instalaciones y energía

En el área de las instalaciones y energía el campo es muy amplio, y además hay que integrar toda la normativa específica. En un primer lugar (I2) se trabaja solo con la forma, compacidad, porosidad y materiales de la envolvente, para comprender como influyen en el consumo de energía primaria y en la certificación energética. Posteriormente (I3) se trabaja con un modelo geométrico BIM con el fin de analizar e integrar y calcular las diferentes redes de instalaciones con la geometría dada. Finalmente (I5) se trabaja con modelos propios experimentales que por iteración en la simulación energética se consigue un resultado óptimo basado en los cuatro pilares de la sostenibilidad (mediambiental, social, económico y cultural).

En la asignatura de Técnicas de acondicionamiento ya se ha realizado la implantación, utilizándose software no BIM como el Lider, Calener, CE3 y CE3X y software BIM como Cype [CypeIngenieros] con las posibilidades de exportación de modelos. En la asignatura Instalaciones en la edificación principalmente se maneja el Cype [CypeIngenieros] por su adecuación a la normativa española, realizando las exportaciones mediante IFC. En la asignatura de Sostenibilidad en el entorno construido se manejan herramientas como Meteonorm [Idem], Ecotect [Autodesk], Vasari [Autodesk], Design Builder [Idem], Diva [Solemma] y Geco [Rhino3d], todos ellos de fácil exportación.

I2	Técnicas de acondicionamiento.	Simulación	A	B	C	D	E	F
Objetivo: Entender como la forma, compacidad y materiales de la envolvente arquitectónica influye en la demanda energética y en consecuencia en la certificación energética. 0,75 ECTS.								
I3	Instalaciones en la edificación.	Creación y Simulación	A	B	C	D	E	F
Objetivo: Diseñar y analizar las diferentes redes de instalaciones, integrado en un modelo geométrico dado. Análisis de las demandas energéticas y consumos de energía primaria global. 1,5 ECTS								
I5	Sostenibilidad en el entorno construido.	Creación y Simulación	A	B	C	D	E	F
Objetivo: Simulación energética de un modelo BIM propio, diseñado con consideraciones sostenibles y pasivas, analizando y mejorando el modelo mediante iteraciones en el proceso, todo ello basado en los cuatro pilares de la sostenibilidad. 1,75 ECTS.								

3.4 Área de Ideación gráfica

En Expresión o Ideación gráfica los beneficios de BIM son menos obvios para la propia docencia específica del área (ver Tesis doctoral [1]), pero en cambio resulta fundamental para iniciar la capacitación en BIM. Para ello se concretan dos actividades puntuales en dos



BIM International Conference

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 20 y 21 de mayo 2016

materias distintas para 1) Iniciar el trabajo con *interface* de software BIM y 2) Trabajar sobre los conceptos BIM de “objetos” y “sistemas”. Para ello se opta por la realización de 1) Ejercicios bidimensionales con las herramientas 2D incorporadas en software BIM (Revit [Autodesk] o Archicad [Graphisoft]) en lugar de software CAD 2D específico y 2) Modelos digitales gestionados por objetos y sistemas (directamente con software BIM o software 3D alternativo como Sketchup [Trimble]).

G1	Dibujo arquitectónico	0	A	B	C	D	E	F
Objetivo: Desenvolverse en <i>interface</i> general y herramientas específicas 2D de software BIM. Realizar ejercicios de diseño bidimensional en entorno digital.								
G3	Taller de Dibujo integrado III	Creación	A	B	C	D	E	F
Objetivo: Realización de un modelo BIM sencillo. Manejo de modelos virtuales en base a objetos y sistemas.								

3.5 Actividades transversales

Las actividades transversales refuerzan el concepto fundamental de la metodología BIM, el flujo de datos, al extraer el marco de trabajo de la propia materia y su área de conocimiento, para secuenciar el desarrollo desde un área de conocimiento inicial para su evolución y/o análisis en otra área. Esta prometedora variante formativa aún no cuenta con experiencias académicas, pero cuenta con formatos de implantación ya perfilados por el BIMLab y su objetivo es buscar sinergias e inicios de integración parciales previas a las Asignaturas de Integración.

G2	Geometría descriptiva	C1	Sistemas constructivos
Objetivo: Valorar modificaciones desde la perspectiva geométrica como de la construcción arquitectónica. Herramientas de edición y gestión.			
G1	Taller de Dibujo integrado I	E1	Mecánica Estructuras
Objetivo: conectar los programas de modelado 3D con los conceptos del BIM. Entender que es estructura de un modelo previamente diseñado.			
I2	Técnicas de acondicionamiento	C4	Sistemas envolventes
Objetivo: valorar energéticamente la envolvente.			
I3	Instalaciones en la edificación	P2	Taller de proyectos G2
Objetivo: valorar la influencia de las instalaciones en el proyecto arquitectónico.			



BIM International Conference

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 20 y 21 de mayo 2016

I3	Sostenibilidad en el entorno	P4	Taller de proyectos G4
	construido		
Objetivo: valorar la influencia del diseño sostenible basado en los cuatro pilares de la sostenibilidad en el proyecto arquitectónico.			
G1	Gestión Empresarial	E4	Diseño Estructuras
Objetivo: control de los costes, de los tiempos y del producto, de un modelo estructural dado.			
PT1	Sistemas Técnicos	P5	Taller de proyectos G5
Objetivo: integrar el proyecto personal con un desarrollo técnico.			

4 METODOLOGÍA BIM EN ASIGNATURAS DE INTEGRACIÓN

El Plan de Grado en Fundamentos de la Arquitectura de la UEM tiene dos asignaturas transversales que han sido claves para la implantación BIM: Sistemas técnicos y Proyectos de Tecnología. El objetivo de estas asignaturas, que se imparten como talleres verticales con presencia conjunta de profesores de Construcción, Instalaciones y Estructuras, era principalmente integrar conocimientos técnicos en un solo proyecto. Para los de primer nivel centrarse en Integración y Simulación, y los de segundo nivel Integración y Documentación.

En estas asignaturas hay una experiencia [4] ya de dos cursos con implantación creciente. Son las asignaturas donde los alumnos ven claramente las ventajas del uso de la metodología BIM.

PT1	Sistemas Técnicos	Integración y Simulación	A	B	C	D	E	F
PT2	Proyectos de Tecnología	Integración Documentación	A	B	C	D	E	F
Objetivo: integración de las áreas de construcción, instalaciones e instalaciones-energía y desarrollo completo de un modelo y su documentación.								

La experiencia indica que para favorecer (no se ha obligado para evitar el efecto contrario) y promover el BIM, en los trabajos propuestos se debería:

- Proponer un proyecto común a desarrollar en equipo por varios alumnos, separando por zonas y no por disciplinas.
- Exigir la existencia de un modelo 3D y una estimación de costes en todas las fases.
- Permitir y favorecer las correcciones sobre el modelo y no sobre soporte plano o similar en pantalla.
- Exigir simulaciones de eficiencia energética y validez estructural.
- Acompañar en paralelo la asignatura con formación en herramientas BIM de modelado y simulación, tanto energética como estructural.

- Apoyar el uso del BIM aunque las primeras experiencias de algunos alumnos sean claramente más groseras que con herramientas tradicionales.

5 ESQUEMA DE IMPLANTACIÓN BIM

Para entender en su totalidad el nivel de implantación BIM en el Grado en Fundamentos de la Arquitectura se ha desarrollado el gráfico adjunto (Ver figura 2) donde puede verse la implantación en cada asignatura, la conexión transversal entre asignaturas y el Nivel de Conocimiento BIM requerido (Ver punto 1.4).

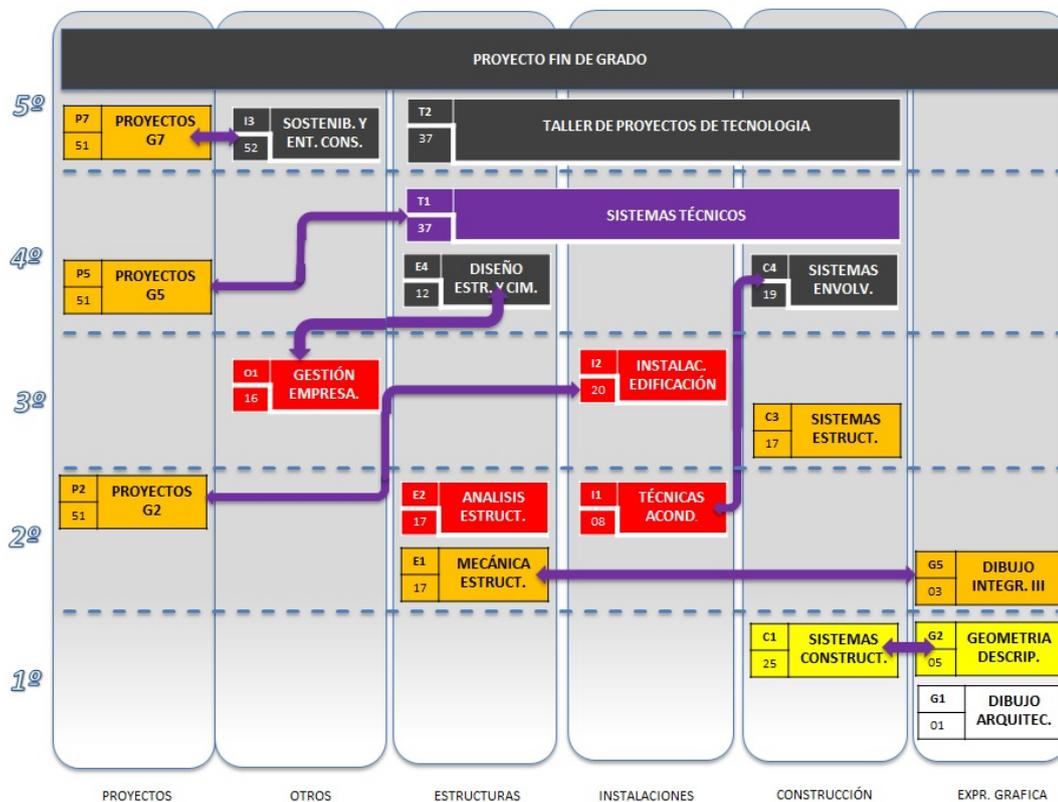


Fig 2. Esquema de implantación BIM. Grado Fundamentos de la Arquitectura 2016. Elaboración propia

En columnas se indican las áreas de conocimiento y en filas los cursos académicos. Cada asignatura implicada en la implementación BIM se muestra en un cuadro donde el color es el Nivel de Conocimiento BIM (Ver figura 1), el código alfanumérico ("C2") es el nivel de conocimiento en cada área y el número inferior muestra la Competencia Específica (Según Plan de Estudios) de dicha asignatura que desarrolla la actividad BIM. Mediante flechas se muestran las relaciones transversales BIM entre asignaturas.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

6 CONEXIÓN DEL ALUMNADO CON EL MUNDO PROFESIONAL BIM

Tan importante como su introducción en las diferentes asignaturas y talleres, es que los alumnos perciban claramente que es la metodología que usarán en su futuro en el mundo profesional, y que es una vía para introducirse en el mundo laboral.

Desde la Universidad se ha hecho un esfuerzo para introducir a los alumnos en proyectos externos relacionados con el BIM, bien en proyectos de modelado de edificaciones existentes, bien en soporte para empresas externas o bien en implantaciones de BIM en empresas del sector.

Por cualquiera de las tres vías han entrado en el mundo profesional y el 100% se han quedado trabajando una vez terminados sus estudios, aportando a las empresas un conocimiento BIM que los ha hecho sentirse más valorados. Situación ésta difícil en la coyuntura económica actual.

Los ex-alumnos profesionalizados en el entorno BIM han sido finalmente los profesores de los cursos de herramientas BIM que se les imparte a los alumnos de forma extracurricular.

Por lo tanto, y en paralelo con la formación reglada se propone:

- Colaborar con empresas en el uso del BIM sirviendo la Universidad como apoyo y aporte de estudiantes en formación.
- Fomentar las actividades que divulguen el BIM en la Universidad como Talleres de Herramientas, Conferencias o Divulgación de experiencias.
- Promover el aprendizaje de herramientas BIM hasta que alcance el estatus de algo cotidiano. En la UEM esta labor se llevó a cabo inicialmente por los profesores más interesados que formaron el BIMLab, posteriormente pasó a la Delegación de Alumnos cuando creció el interés de los alumnos por el BIM y está en proceso de traspaso al ClubBIM para que se encarguen los específicamente interesados.
- Promover un entorno de aprendizaje común entre profesores y alumnos, puesto que es una metodología desconocida por ambos grupos y cuyas herramientas son más fáciles de aprender por los segundos aunque los primeros tengan los conceptos de la profesión más claros.

7 CONCLUSIONES

El proceso de implantación del BIM es lento y laborioso y necesita de la ayuda tanto del profesorado como de la Dirección, y una vez iniciado, de los alumnos. El alumno es consciente de las ventajas una vez que es capaz de ver la globalidad del método y las posibilidades de simulación e integración que se le brindan, pero al principio, como cualquier profesional, también pone dificultades al cambio y sólo cuando considera que es útil lo aplica.

El cronograma del proceso de implantación entendemos que debería ser:

- Formación en herramientas a alumnos y profesores.
- Inclusión en asignaturas puntuales, fomentando fases concretas del aprendizaje.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

- Inclusión en asignaturas transversales donde se potencia el uso del BIM.
- Fomento de la implicación de alumnos y profesores. Actividades relacionadas con el BIM más allá de las asignaturas.

Tras estos años de implantación hemos sido capaces de obtener algunas conclusiones que pudieran ayudar a la implantación en otras Universidades o en otros Grados:

- La formación en herramientas BIM no debe reducir los contenidos de las asignaturas. Debe ser formación extracurricular para evitar reducción de contenidos.
- El BIM no es sólo formación en herramientas, también en forma de trabajo. Solo enfocado a herramientas es difícil discernir las ventajas en simulación e integración.
- La colaboración entre asignaturas depende básicamente de la relación entre los profesores, es necesario buscar afinidades y retos personales, sólo los aspectos académicos no dan el éxito esperado.
- La existencia de una asignatura transversal o la aglutinación de varias es clave para la implantación del BIM. Si bien la rama Tecnológica es de inicio más afín al BIM, entendemos que debe extenderse a todas las ramas siempre que la integración sea viable.
- Cualquier colaboración transversal, en equipo con otra carrera de AEC es recomendable y algunas experiencias nos lo indican.

El Proyecto Fin de Grado no ha sido incluido en este marco de implantación pero sería la asignatura final donde el alumno condensaría todo su conocimiento BIM, siempre bajo su propio criterio y fuera del protocolo formativo anterior.

8 REFERENCIAS

- [1] Jurado J. (2016). *Aprendizaje integrado en Arquitectura con modelos virtuales*, Tesis doctoral Madrid: ETSAM.
- [2] Liébana Carrasco, Ó., Agulló de Rueda, J., Jiménez Morales, A., & Cosculluela Millás, J. (2015). Talleres s-BIM de interoperabilidad de TEKLA con software genérico de modelización. In M. B. Fuentes Giner & I. Oliver Faubel (Eds.), *EUBIM 2015 Congreso Internacional BIM* (pp. 63–73). Valencia: Universitat Politècnica de València.
- [3] Macdonald, J. A. (2012). A Framework for Collaborative BIM Education across the AEC Disciplines. In 37th Annual Conference of the Australasian Universities Building Educators Association (AUBEA) (pp. 223–230). Sydney.
- [4] Jurado Egea, J., Liébana Carrasco, Ó., & Gómez Navarro, M. (2015). Uso de BIM como herramienta de Integración en Talleres de Tecnología de la Edificación. In M. B. Fuentes Giner & I. Oliver Faubel (Eds.), *EUBIM 2015 Congreso Internacional BIM* (pp. 13–23). Valencia: Universitat Politècnica de València.



SOBRE LA DIDÁCTICA DE BIM EN EL CURRÍCULO DEL ARQUITECTO: UN CASO DE ESTUDIO

Agustín Hernández, Luis (1); Sancho Mir, Miguel (2); Fernández-Morales, Angélica (3)

- (1) Universidad de Zaragoza, Unidad Predepartamental de Arquitectura, Área de Expresión gráfica Arquitectónica. lagustin@unizar.es
- (2) Universidad de Zaragoza, Unidad Predepartamental de Arquitectura, Área de Expresión gráfica Arquitectónica. misanmi@unizar.es
- (3) Universidad de Zaragoza, Unidad Predepartamental de Arquitectura, Área de Expresión gráfica Arquitectónica. angelica.fernandez@unizar.es

RESUMEN

El curso 2008-2009 empieza a impartirse la titulación de Arquitectura en la Universidad de Zaragoza. Desde su implantación se entiende la necesidad de implementar un programa de estudios que se adapte a las actuales necesidades de la profesión. El área de Expresión Gráfica Arquitectónica entendió esta situación como una oportunidad, por lo que incorporó, en asignaturas obligatorias y como parte fundamental de los conocimientos impartidos, las distintas técnicas informáticas avanzadas que ayudan y mejoran la asimilación de los conceptos relativos a esta área. Entre ellas se encuentra la tecnología BIM, que se aborda en la asignatura EGA5, impartida en el cuarto semestre del grado.

La presente comunicación expone la experiencia que han supuesto todos estos años de docencia con BIM y las circunstancias que condicionan el enfoque de la asignatura; profundiza en el análisis de la metodología didáctica empleada y de los resultados obtenidos. De él se han extraído conclusiones sobre la especificidad de la docencia BIM, las limitaciones y posibilidades detectadas, así como las potencialidades de esta tecnología en la formación transversal del arquitecto.

Palabras clave: *grado en arquitectura, metodología didáctica, resultados, BIM*

ABSTRACT

The degree of Architecture at the University of Zaragoza started in the 2008-2009 academic year. Since its beginning, the need to implement a curriculum that suited the current needs of the profession was clear.

The area of Architectural Graphics understood that fact as an opportunity, and thus he incorporated, in mandatory subjects and as a fundamental part of their programs, various advanced digital techniques which help improve the assimilation of the area's contents. BIM technology is approached in the subject called EGA5, located in the fourth semester of the degree.

This paper describes the experience of all these years of teaching with BIM and the circumstances that determine the focus of the subject; it analyzes the teaching



methodologies used and the results obtained. Based on it, conclusions are drawn on the specificity of teaching BIM, its limitations and possibilities as well as the potential of this technology in the transversal education of architecture students.

Keywords: *architecture degree, results, teaching methodology, BIM*

1 INTRODUCCIÓN

Desde la implantación del Grado de Arquitectura, en la Universidad de Zaragoza, hace ya siete años, se entiende la necesidad de implementar un programa de estudios que se adapte a las necesidades actuales del sector profesional de la arquitectura, por lo que se realiza un esfuerzo por incorporar el conocimiento y manejo de las nuevas tecnologías al currículo del alumnado.

El área de Expresión Gráfica Arquitectónica entendió esta situación como una oportunidad que no había que dejar pasar, por lo que se incorporó, como parte fundamental de los conocimientos impartidos, las distintas técnicas avanzadas, que ayudan y mejoran la asimilación de los conceptos relativos a esta área. El objetivo principal del área es transmitir "los conocimientos necesarios para comunicar arquitectura. La capacidad humana para imaginar formas o espacios debe complementarse con la habilidad para transmitirlos, no sólo como comunicación hacia los demás, sino también hacia nosotros mismos, con el objetivo de recrear, repasar, y rediseñar nuestras ideas, en definitiva, de educar nuestra capacidad de visión espacial y potencial nuestra capacidad proyectiva" [1]. Dentro de este contexto los alumnos adquieren las capacidades necesarias para trabajar con programas de dibujo asistido por ordenador, de modelización 3D, de edición fotográfica y por último BIM como parte de su formación obligatoria. Existen además en el último curso asignaturas optativas que trabajan con técnicas fotogramétricas para la representación del patrimonio arquitectónico y con Sistemas de Información Geográfica.

La tecnología BIM se aborda en EGA5, una asignatura de seis créditos impartida en el cuarto semestre del grado. Esta circunstancia, junto con la acotación temporal que supone el semestre, condiciona el enfoque de la asignatura.

2 CASO DE ESTUDIO

Hay que entender esta asignatura dentro del contexto curricular del alumno para poder abordar la problemática concreta de la misma, para ello es necesario comprender que el estudiante se encuentra en el segundo curso del grado de arquitectura. Durante el primer curso los alumnos han cursado las asignaturas de formación básica adscritas a diferentes áreas de carácter propedéutico y proyectual: Física 1 y 2, Matemáticas 1 y 2, Composición Arquitectónica 1 y cinco asignaturas del área de Expresión Gráfica Arquitectónica —EGA 1 a 4 y Análisis de Formas Arquitectónicas—. Ya en el segundo curso, durante el primer semestre, las asignaturas impartidas serán: Proyectos 1, Construcción 1, Urbanismo 1 y



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

Composición Arquitectónica 2. Esto significa que el alumno ya ha adquirido ciertos conocimientos relativos a procesos proyectuales y constructivos, pero estos aún son muy incipientes, pues aún se encuentra en el inicio de su formación tanto técnica como proyectual, sin embargo, tal y como se considera en la guía docente de la asignatura, "El alumno ha adquirido ya, en el marco de las anteriores (EGA 1, 2, 3, 4 y Análisis de Formas), las nociones fundamentales de expresión gráfica arquitectónica: elementos, criterios, sistemas normalizados de representación, etc. y las ha aplicado tanto con medios manuales como informáticos" [2], este hecho marcará el planteamiento y los contenidos impartidos en la asignatura.

2.1 Objetivos y contenidos

La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

- 1) Que el alumno conozca y sepa utilizar las herramientas informáticas disponibles hoy en día en el campo de la representación arquitectónica, de forma integrada y optimizando la compatibilidad entre diferentes programas.
- 2) Que el alumno cuente con criterios para elegir, en su futuro en los estudios y la profesión, las que mejor se adapten a sus preferencias, a su manera de trabajar o a las necesidades específicas de cada proyecto.
- 3) Que el alumno comprenda las implicaciones del uso de las herramientas informáticas en el trabajo del arquitecto y cómo beneficiarse de ellas al máximo.

De tal forma que al finalizar la asignatura, el estudiante será capaz de realizar un modelo virtual completo de un edificio, con precisión geométrica y definiendo los elementos básicos (terreno, muros, forjados, cubierta, carpintería, etc.) así como generar todos los documentos gráficos que lo definen, en dos dimensiones mediante la elaboración de plantas, alzados, y secciones, y tridimensionalmente, mediante secciones fugadas, axonometrías, perspectivas a línea e imágenes fotorrealísticas. De este modo, el estudiante es capaz de representar con dichas herramientas un proyecto completo.

Desde la implantación de la asignatura el software empleado ha sido Archicad en las distintas versiones que se han ido implementando a lo largo de estos años, mientras que el proceso de renderizado se realiza en Artlantis, previa exportación del modelo tridimensional geoméricamente definido. La elección de este programa ha tenido en cuenta la contrastada compatibilidad con Archicad, así como una curva de aprendizaje muy rápida que permite la obtención de resultados de calidad en un corto periodo de tiempo.

BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*



Fig. 1. Render del patio del convento de Madres Capuchinas (Huesca). 2012. David Marco, Adrian Peiró e Iñigo Rios.

El contenido de la asignatura se estructura temporalmente en catorce sesiones. La programación de aula contempla la división de la sesión en una primera parte que se dedica a la explicación del funcionamiento y filosofía de programa, y una segunda parte práctica en la que el alumno se familiariza con el manejo del programa y los contenidos impartidos, aunque sobre la metodología didáctica se profundizará en el siguiente apartado de la comunicación. En cuanto al contenido propiamente teórico el cronograma del curso prevé once sesiones de las cuales, las nueve primeras se dedican a Archicad y las últimas dos al manejo de Artlantis.

Los conocimientos con los que cuenta el alumno a la hora de enfrentarse a EGA5 permiten profundizar en el manejo y en la filosofía de BIM desde una perspectiva perceptiva, de la construcción volumétrica del modelo virtual y de la gestión de los documentos de representación arquitectónica que definen geoméricamente el proyecto. Aunque no se puedan incluir aspectos más avanzados que permite la gestión del modelo virtual, se intenta transmitir la filosofía y potencialidades que ofrece esta tecnología.

Es importante destacar que el planteamiento de la asignatura no consiste en que esta se convierta en un simple aprendizaje instrumental, sino que tiene que ser entendida como parte de un proceso más amplio y complejo cuyo objetivo último es que el alumno adquiera las capacidades propias de la representación gráfica arquitectónica, pues "dominar las técnicas de representación gráfica no significa adquirir una serie de habilidades o destrezas,



o incluso conocer el uso de una serie de herramientas informáticas. Dominar la expresión gráfica es saber ver, saber interpretar o saber crear, para lo cual es imprescindible una educación visual, la adquisición de la denominada «visión espacial», que junto con la cultura arquitectónica propia, adquirida redibujando e interpretando las obras de otros arquitectos y la creatividad personal, permitirá la concepción de la obra arquitectónica a través de los recursos gráficos" [3].

2.2 Metodología y evaluación

La asignatura tiene un carácter eminentemente práctico y se plantea una metodología docente basada en el aprendizaje activo y cooperativo de los estudiantes, a través de la combinación de tres modelos didácticos: la lección magistral participativa [4], el trabajo autónomo y el trabajo colaborativo. La programación de aula contempla la estructuración de las sesiones en una primera parte en la que se imparte una lección magistral participativa, que tiene la finalidad de transmitir la filosofía de trabajo, posibilidades y potencialidades de esta tecnología, así como dotar al alumno de las capacidades necesarias para el manejo autónomo del programa. En la plataforma educativa Moodle, que sirve como medio de comunicación virtual entre el docente y el alumno, queda a disposición del alumno un resumen de lo explicado en el aula además del cronograma del curso y otra información de interés. En esta fase, el alumno no recibe únicamente un aprendizaje observacional, mediante la proyección de la explicación, sino que dispone de su ordenador para un seguimiento participativo. La segunda parte de cada sesión se basa en el trabajo autónomo y colaborativo del estudiante.

El trabajo autónomo es guiado mediante el planteamiento de prácticas individuales que ayudan a la asimilación de los conceptos y los procedimientos explicados por el docente, estas prácticas se presentan como trabajos de corta duración con un plazo de entrega semanal. Este sistema ha sido modificado a lo largo de los distintos cursos en los que se ha impartido la asignatura, para implementar un proceso de aprendizaje más activo y continuo. En los primeros años de implantación de la asignatura el trabajo individual consistía en la realización de un proyecto, de arquitectura residencial, de dimensiones y programa reducidos, de tal forma que el alumno pusiera en práctica los conocimientos adquiridos sobre un modelo fácilmente abordable. Pero este planteamiento producía una serie de inconvenientes que se han subsanado con la dinámica actual, ya que los estudiantes tendían a retrasar la elaboración de este ejercicio, con lo que no trabajaban los conceptos tratados en la sesión hasta un tiempo después, perdiendo la posibilidad de practicar y asimilar las herramientas explicadas. La obligatoriedad de las prácticas tras la sesión teórica produce una metodología de trabajo continua que facilita el aprendizaje y la distribución de la carga lectiva.

El planteamiento del trabajo colaborativo es de más largo recorrido, pues se plantea un proyecto final en grupos de 2 ó 3 alumnos que deben desarrollar a lo largo del semestre, entregándose en la fecha fijada para el examen final por el calendario lectivo. El carácter grupal del proyecto incentiva la comunicación y el trabajo en equipo, desde el proceso previo

de investigación necesario para comenzar, a la distribución de tareas y resolución de problemáticas concretas, lo que genera una dinámica de trabajo que enriquece la formación y las capacidades transversales del alumnado. Para la correcta colaboración se exponen las distintas dinámicas de trabajo en grupo permitidas por Archicad con el fin de facilitar este proceso, haciéndolo más fluido y dinámico.

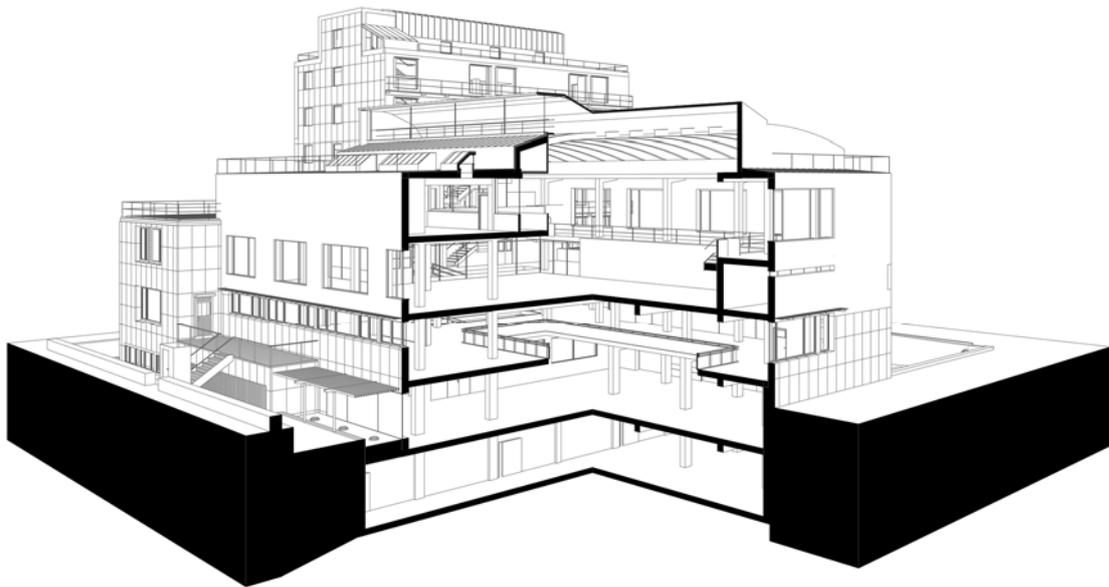


Fig. 2. Perspectiva seccionada de la Biblioteca de Aragón (Zaragoza). 2012. Rubén Cabrejas, Marcos González y Miguel Tutor.

Para el desarrollo del trabajo de curso, cada año se elige una temática o tipología edificatoria. De forma que cada grupo desarrolla un edificio distinto, cuyo nivel de complejidad formal y constructiva se intenta que sea equivalente. Este planteamiento permite profundizar en el conocimiento por parte del estudiante de una determinada tipología arquitectónica, profundizando en el carácter transversal que requiere la formación académica. Algunos de los ejemplos de temáticas abordadas durante los años de andadura de la asignatura son:

-Estaciones de transporte, incluyendo tanto ferroviarias como de autobuses o intermodales. Las condiciones programáticas de esta tipología permitió a los alumnos a enfrentarse a estructuras que debían cubrir grandes luces, como es el caso de la estación Zaragoza Delicias que cubre un espacio de 40.000 metros cuadrados con un sistema de nueve cerchas Vierendeel colocadas en diagonal, que sustentan la reconocible cubierta de tetraedros [5], o la ampliación de la Estación de Atocha en Madrid proyectada por Rafael Moneo.

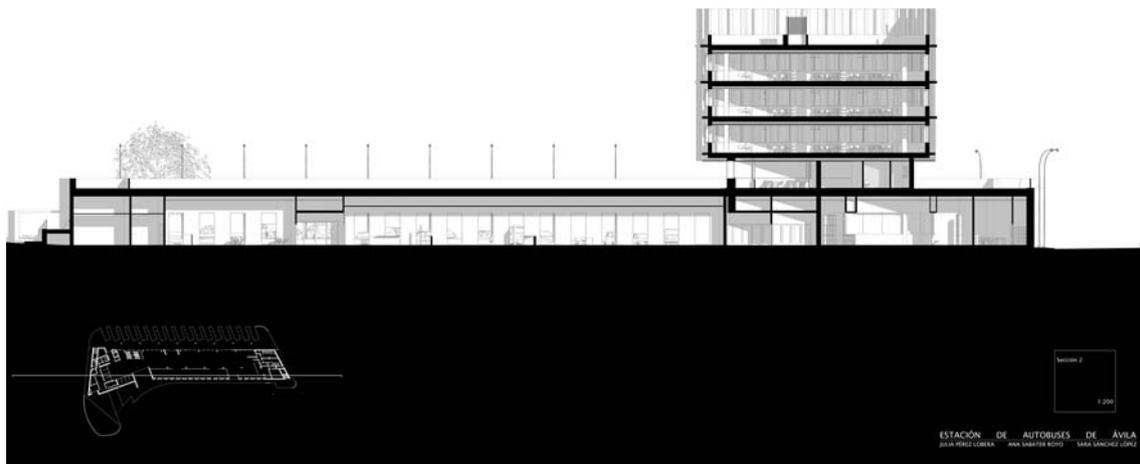


Fig. 3. Estación de autobuses de Ávila. 2013. Julia Pérez, Ana Sabater y Sara Sánchez.

-Edificios culturales en los que se trabajó sobre espacios expositivos, bibliotecas o programas similares, como por ejemplo el proyecto de Carme Pinós para el Caixa Forum de Zaragoza o el museo de Bellas Artes construido en Castellón por Tuñón y Mansilla.

-Arquitectura residencial no construida. Proyectos de arquitectos de reconocido prestigio que no llegaron a construirse, como la *Callahan Residence* proyectada en 1965 por Paul Rudolph o el complejo *Heimdal Housing Area* proyectado por Alvar Aalto en 1945. El hecho de enfrentarse a proyectos no materializados presentaba una serie de peculiaridades que enriquecían el proceso investigador y proyectivo del alumno ya que la información disponible de algunos no es suficientemente precisa para levantar un modelo de forma mimética.

En el proceso de selección se intenta que los proyectos tengan la suficiente complejidad formal y programática, puesto que nos encontramos en el cuarto semestre y los alumnos ya están preparados para afrontar el reto, debido a que se ha trabajado en profundidad con programas menores, como vivienda unifamiliar y edificios de pequeña escala, en asignaturas anteriores.



Fig. 4. Render de la sección de la Biblioteca de Aragón (Zaragoza). 2012. Aitor Gutiérrez, César Jiménez y Siddharta Rodrigo.

La evaluación del estudiante se basa en el resultado de este trabajo final en el que deberá demostrar las competencias adquiridas, siendo obligatoria la correcta realización de las prácticas individuales para optar a dicha evaluación. Las tres competencias básicas valoradas tendrán que ver con la propia modelización geométrica del proyecto, con la representación técnica del mismo y la generación de imágenes descriptivas de tipo fotorrealístico, de tal forma que cada uno de estos apartados se valora con un porcentaje de la nota global que corresponde con el peso específico que tienen dentro del currículo de la asignatura.

2.3 Resultados académicos

Los resultados de este proyecto docente tienen su reflejo en los resultados académicos de la asignatura y en las evaluaciones que los alumnos hacen de ella. En los cursos realizados hasta la fecha (2009-2010 hasta 2014-2015) han cursado la asignatura un total de 395 alumnos, con un promedio de 66 estudiantes por curso. La tasa media de éxito de la asignatura es de un 91,5%, y la de rendimiento de un 85% [6]. En las encuestas de evaluación realizadas por los estudiantes, la valoración de la asignatura es de 3,7 sobre 5; ocho puntos porcentuales por encima de la media de la titulación (datos disponibles de los cursos 2013-14 y 2014-2015) [7].

	Grado en Arquitectura (plan de estudios extinto)		Grado en Estudios en Arquitectura (plan de estudios vigente)			
	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015
Número de alumnos	52	66	68	75	70	64
Tasa de éxito	98%	98%	93%	98%	92%	83%
Tasa de rendimiento	96%	96%	86%	92%	85%	77%

Fig. 4. Tabla de resultados académicos de la asignatura en los cursos en que ha sido impartida

3 CONCLUSIONES

Tras la experiencia acumulada durante estos años de docencia, y el estudio de realidades docentes comparables de otras universidades se puede realizar una valoración de la situación actual y cuál podría ser el rumbo que se debe seguir.

El contar con una asignatura dedicada a la tecnología BIM en el inicio de la formación académica del alumno es un hecho positivo [8] [9] ya que la asimilación temprana de la tecnología BIM ayuda a entender esta como un método de trabajo propio del arquitecto, o proyectista, que debe ser implementado a lo largo de la vida profesional. Hay que evitar que el alumno considere BIM como una opción más de trabajo sino que se debe entender como el modo actual y futuro de proceder.

De igual modo, la falta de los conocimientos técnicos necesarios, no hace viable el profundizar en la metodología de trabajo de una forma integral, explorando las posibilidades de gestión que ofrece BIM. Esta problemática debe subsanarse con la introducción de esta tecnología en el resto de áreas de conocimiento, de tal modo que no se aisle en una asignatura, sino que forme parte del aprendizaje transversal del alumno. La utilización del modelo virtual en el área de construcción posibilitaría la integración con software específico de cálculo de aislamientos o instalaciones fomentando y explotando la interoperabilidad existente.

Por otra parte, mediante la utilización de BIM en asignaturas de carácter proyectual, se conseguiría un doble objetivo, primero dar continuidad a la formación y aplicabilidad a lo aprendido, y por otro, asentar la metodología de trabajo, pues estudios al respecto [6] apuntan a que la asimilación de esta tecnología en asignaturas proyectuales es mucho más eficaz y se produce de manera más motivadora.

En cuanto a la metodología docente se ha constatado la importancia de establecer un aprendizaje activo y cooperativo fundamentado en el trabajo guiado, favoreciendo la



asimilación de conceptos y capacidades a través de la exploración y el descubrimiento, autónomo y colaborativo. Hay que fomentar al alumno como pieza fundamental de su propia formación académica, de manera que aumente su grado de involucración, favoreciendo la sinergia necesaria entre los distintos agentes involucrados en el proceso docente. Sólo de esta manera y actuando de manera inclusiva y transversal en el currículo del alumno se puede implementar de manera real y efectiva BIM en el ámbito académico superior.

4 REFERENCIAS

- [1] Agustín, Luis. En Monclús; Labarta; Díez (Eds.) (2015). ARQUITECTURA EN LA EINA: Un proyecto en marcha.2008 /2015. Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza, p. 23.
- [2] UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA. Guía Docente Expresión Gráfica Arquitectónica 5, disponible en: "<http://titulaciones.unizar.es/asignaturas/30716/contexto14.html>".
- [3] Agustín, Luis; Sancho, Miguel. En Agustín; Miret; Vallespín. (Coords.) (2013). Representación del espacio arquitectónico 2011.12. Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza. p.7.
- [4] De La Cruz Tomé, M.A. (2004). Un modelo de lección magistral para un aprendizaje activo y colaborativo. Cursos y conferencias de Innovación y Desarrollo Docente, Universidad de Vigo.
- [5] Ferrater, Carlos; Valero, José María. En Agustín; Vallespín (Coords.) (2015). Representación del espacio arquitectónico 2012.14. Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza. p. 6.
- [6] UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA, Informes y Resultados del Grado en Estudios en Arquitectura, disponible en: "<http://titulaciones.unizar.es/estudios-arquitectura/infores.html>"
- [7] Informe de evaluación de la calidad y los resultados de aprendizaje del curso 2014 / 2015, disponible en: "http://titulaciones.unizar.es/documentos/infCalidad15/157_informe_2015_v2.pdf"
- [8] Nakapan, Walaiporn. (2015). Challenge of teaching BIM in the first year of university: Problems encountered and typical misconceptions to avoid when integrating BIM into an architectural design curriculum. En: IKEDA, Yasushi, HERR, Christiane M., HOLZER, Dominik, KAIJIMA, Sawako, KIM, MiJeong, SCHNABEL, Marc Aurel (eds.). 2015. Emerging Experience in Past, Present and Future of Digital Architecture. Proceedings of the 20th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia, 509–518. Kyungbuk Print Co., Ltd. Daegu (Corea).
- [9] Ibrahim, Magdy. (2014). Thinking the BIM Way: Early integration of Building Information Modeling in education. En: THOMPSON, Emine Mine (ed). Fusion - Proceedings of the 32nd eCAADe Conference - Volume 2, 427-435. Department of Architecture and Built Environment, Faculty of Engineering and Environment. Newcastle upon Tyne.



PLAN DE DESARROLLO DE COMPETENCIAS BIM PARA EL FUTURO INGENIERO CIVIL Y SU PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN EN GRADO

Villardaga Rodrigo, Iván (1), López-Terradas Aparicio, Beatriz (2), Fernández Sánchez, Gonzalo (3), Liébana Carrasco, Oscar (4)

- (1) Universidad Europea de Madrid, ivan.villardaga@universidadeuropea.es
- (2) Universidad Europea de Madrid, beatriz.lopez-terradas@universidadeuropea.es
- (3) Universidad Europea de Madrid, gonzalo.fernandez@universidadeuropea.es
- (4) Universidad Europea de Madrid, oscar.liebana@universidadeuropea.es

RESUMEN

Para todos los alumnos que actualmente comienzan el grado de Ingeniería Civil, BIM será obligatorio en licitaciones públicas de infraestructura al finalizar sus estudios en el año 2019. Sin embargo, las escuelas no están incluyendo estas competencias en planes de estudio, y se quedan, en el mejor de los casos, a un nivel de formación extracurricular en el uso de herramientas de modelado BIM.

En la Universidad Europea de Madrid se ha diseñado una propuesta de implementación BIM en el Grado y en el Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, identificando las competencias necesarias para el futuro profesional del sector e integrándolo, tanto en su currículum académico como en actividades complementarias para un óptimo desarrollo competencial BIM.

La propuesta sigue tres fases: En el curso inicial se ha desarrollado un Plan de Implementación por la comisión BIM de la titulación, formando a un grupo de profesores y estudiantes, e iniciando experiencias piloto en el área de estructuras y expresión gráfica. En el curso siguiente, BIM se está integrando en asignaturas de cada curso y en proyectos de investigación transversales. En la tercera fase se completará el mapa competencial BIM para estudiantes de Civil y será obligatorio en proyectos integradores entre asignaturas de todos los cursos.

Palabras clave: Ingeniería Civil, Infraestructura, Innovación Educativa, Competencias BIM.

ABSTRACT

For all students that start the degree of Civil Engineering, BIM will be compulsory in public biddings of infrastructure after graduation in 2019. However, schools are not including these skills in curricula, and remain, at best, an extracurricular training in the use of BIM modelling tools.

The European University of Madrid has designed a proposal to implement BIM in the Bachelor and Master of Civil Engineering, identifying the skills required for the professional future of the sector, integrating both their academic curricula and complementary activities for optimized BIM skills development.

The proposal consists of three phases: In the initial year an Implementation Plan is worked up by a specific BIM commission, training a group of teachers and students, and initiating pilot projects in the area of structures and graphic expression. In the following year, BIM is integrated into individual subjects in every year or level and also in interdisciplinary research



projects. In the third phase the BIM Skill Map for the Civil Engineer degree will be completed introducing compulsory integration projects in all courses.

Keywords: *Civil Engineering, Infrastructure, Educational Innovation, BIM Skills.*

1 INTRODUCCIÓN

El objetivo principal del uso de BIM es gestionar de forma eficaz la información producida a través de los procesos de construcción y permitir gestión de la construcción más efectiva a través de una mejor comunicación y colaboración. [1]

La habilidad BIM intermedia se define como la capacidad de redefinir comportamientos y reglas basadas en criterios de ingeniería. La habilidad BIM avanzada es la capacidad de sintetizar sistemas de objetos de ingeniería Civil de muchas disciplinas basadas en BIM. [2]

El componente de tecnología de BIM ayuda a los interesados en el proyecto a visualizar lo que se va a construir en un ambiente simulado, para identificar cualquier posible diseño, construcción o cuestiones operacionales. El componente de proceso permite una estrecha colaboración y favorece la integración de las funciones de todos los interesados en el proyecto" [3] [4]. Es necesario el uso de BIM para reforzar la interacción de los equipos de diseño y ayudar en la gestión y comunicación con normas comunes y estándar para conseguir una mayor interoperabilidad y gestión desde la primera fase de diseño hasta la construcción y gestión y explotación de la obra.[5]. Pero hay lagunas asociadas a la integración de esta nueva tecnología, que es básicamente debido a la falta de individuos bien entrenados en el campo. [6]

Así, la falta de individuos bien formados [7] una formación adecuada [8], y la inclusión efectiva de la educación BIM en el plan de estudios de construcción [9] se han citado como la principal limitaciones en cuanto a la adopción de la nueva tecnología y la preparación de la próxima generación de futuros empleados. [6]

Los empleadores de la industria demandan la integración de la tecnología y más conocimientos prácticos y experiencias. En la actualidad las empresas entienden que el software BIM es suficientemente novedoso como para que los alumnos no hayan adquirido los conocimientos y competencias en BIM suficientes y por ello tienen formación propia para cumplir esta necesidad, pero con el tiempo BIM estará plenamente integrado en los planes de estudios universitarios. [1]

2 OBJETIVOS

El objetivo principal de esta comunicación es el de crear un marco de implantación progresivo de BIM dentro del plan de estudios del Grado de Ingeniería Civil.

Como objetivos secundarios están:

- Identificar las debilidades, fortalezas, amenazas y oportunidades en la integración de BIM en una titulación como Ingeniería Civil.



- Analizar las ventajas e inconvenientes de la implantación de BIM en Ingeniería Civil como aspecto revolucionario del sector
- Identificar las diferentes plataformas BIM y los software específicos de Ingeniería Civil que tienen interoperatividad BIM

3 ESTADO DE LA CUESTIÓN

Los actuales métodos de formación en ingeniería se basan en técnicas pedagógicas tradicionales (clases magistrales y realización de trabajos dentro de las materias básicas) que no preparan a los estudiantes para manejar con eficacia la complejidad de los proyectos reales [10]

Es en este aspecto donde incide principalmente el BIM, además de que las tecnologías y prácticas con BIM tienen el potencial de mejorar la calidad de la educación en Ingeniería siendo los estudiantes ya son conocedores y hábiles usuarios de las tecnologías, lo que mejora el aprendizaje y la efectividad de la enseñanza. Por lo tanto, el beneficio educativo es triple, por un lado se consigue preparación práctica, mejora del aprendizaje y un mayor compromiso de los estudiantes. [1]

Sacks y Barak [11] en 2009 pusieron de relieve la falta de personal capacitado como la barrera principal para la aplicación de la tecnología BIM en la arquitectura, la ingeniería y la industria de la construcción y propusieron un curso de nivel de primer año obligatorio para superar el problema [6], siendo la opción más adecuada la introducción del BIM en la formación universitaria de Grado [1]

El planteamiento con el que se ha abordado la formación en BIM puede resumirse en tres enfoques. El primero es básicamente académico al que se le suman seminarios sobre BIM. El segundo consiste básicamente en la realización de cursos específicos de BIM y el tercero se realiza mediante complementos de formación. El primer no consigue mucha profundidad, mientras que el segundo supone una sobrecarga considerable de trabajo al estar fuera del currículo de la titulación. El tercer enfoque lleva a expectativas exageradas, así como a malos entendidos e incluso a falta de definición de su verdadero alcance y significado [1]

Siguiendo la Taxonomía de Bloom: conocimiento-comprensión-aplicación-análisis-síntesis-evaluación, se requiere de una fase previa de aprendizaje de las aplicaciones/software, además de los aspectos administrativos necesarios para crear un entorno de trabajo, con diferentes roles y asignación de tareas [1]

Sin embargo, aunque los estudiantes necesitan saber cómo utilizar BIM y poseer los conocimientos básicos para la creación del modelo, no tienen que convertirse en modeladores 3D. El foco de BIM en el curriculum debe ser la obtención e inserción de información en el proceso de diseño y los recursos requeridos, fases y la creación de la obra en fases basándose en la planificación y programación. “El objetivo principal de la educación BIM debe estar en los procesos de gestión de la construcción, no en el software” [1]

Sin embargo, hay algunas dificultades en la incorporación del BIM en el curriculum. Por un lado la falta de voluntad de los académicos [12]. Becerik-Geber et al.[13] identificaron algunos de los motivos para este posicionamiento del claustro como la falta de recursos,



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

incluyendo en estos el número de expertos para impartir cursos de BIM, el tiempo necesario para adaptar los programas y el apoyo de compañeros y administradores dentro de la facultad. Por otro lado los alumnos [14] argumentan dificultades en el manejo de software BIM como Revit ya que requiere, para la definición de los elementos, de un conocimiento constructivo muy exhaustivo. El software permite el diseño de elementos que no son viables constructivamente, de ahí la necesidad de un conocimiento más profundo antes de empezar a diseñar.

El enfoque por lo tanto más adecuado es aprendiendo los conceptos de algunas de las asignaturas a la vez que trabajan en grupos multidisciplinares profundizando en los conocimientos y habilidades BIM. Es en estos trabajos multidisciplinares donde BIM tiene realmente su mayor fortaleza [1]

Las habilidades y competencias más importantes relacionadas con el BIM que se necesitan en el campo de la ingeniería de construcción [1] son;

- Capacidad para modelar las condiciones detalladas en 3D
- Capacidad para montar y revisar un modelo de detección de conflictos
- Modelado y manipulación de habilidades básicas con aplicaciones BIM
- Capacidad para crear modelos 4D realizando una planificación
- Las habilidades básicas de CAD
- Capacidad de aplicar y trabajar con las nuevas tecnologías

Las competencias transversales que se desarrollan especialmente con la metodología BIM son, de acuerdo a las competencias educacionales para los ingenieros civiles según el ASCE “Civil Engineering Body of Knowledge for the 21th Century” [15]:

- Diseño
- Sostenibilidad
- Project Management
- Comunicación
- Liderazgo
- Trabajo en equipo

Se muestra por tanto que en el estado del conocimiento existe bibliografía y conocimiento que nos permite plantear una implantación pionera en el campo de la ingeniería civil a nivel curricular (por competencias) y extracurricular (formación de alumnos, profesores, experiencias con empresas, proyectos de investigación, trabajos fin de grado y aprendizaje transversal con el uso de BIM como herramienta educativa y profesional).

4 MARCO METODOLÓGICO

A continuación se muestra el marco metodológico propuesto al inicio del curso académico 14/15 de previsión para los siguientes tres cursos académicos.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

4.1. Año académico 2014-15

Revisión bibliográfica que permita conocer el estado de la tecnología BIM a nivel profesional en los proyectos de construcción (arquitectura e ingeniería civil) así como en el sector educativo a nivel nacional e internacional.

Introducción y presentación de primeros resultados sobre BIM al claustro de ingeniería civil, y sesiones específicas durante el curso. Además, se pretende crear un grupo de trabajo BIM en ingeniería civil, apoyados desde el inicio en el grupo BIMLab de Arquitectura, que está implementando BIM de forma progresiva y efectiva en el área de Arquitectura. Se planifican reuniones mensuales con el grupo de trabajo para detectar las necesidades, riesgos y oportunidades que brinda BIM en la Ingeniería Civil

Se considera la posibilidad de incorporar profesores de otras titulaciones con formación en BIM y que apoyen al grupo de trabajo conociendo la realidad académica y profesional de la disciplina de ingeniería civil.

Así mismo, en este curso se plantea la formación inicial de alumnos de ingeniería civil en software BIM. El enfoque de la formación son cursos extraacadémicos de software específicos de estructuras y modelado en BIM. La elección de estos cursos responde a su madurez BIM e interoperabilidad, así como a la proximidad al ámbito de la Arquitectura y Edificación donde hay más rodaje. Adicionalmente en la escuela existe una formación con bastante recorrido en programas como Autocad, Rhinoceros, Grasshopper, Sketchup, SAP2000, Tekla, etc, lo que permite una implantación más sencilla, eficiente y natural.

Mensualmente se realizarán grupos de discusión con los docentes implicados y profesionales del sector para detectar oportunidades, analizar la evolución del proyecto y reorientar el proyecto en base al análisis de las observaciones y conclusiones de estos foros y del grupo de trabajo.

Posteriormente a cada evento, jornada o taller se encuestará a los implicados para analizar el grado de adquisición de competencias y evaluar el desarrollo de la actividad para mejorar en la siguiente de acuerdo a lo que se vaya aprendiendo.

4.2. Año académico 2015-16

Se pretende proseguir la implantación de BIM manteniendo cursos de formación extracurricular de BIM y software específicos interoperables con BIM e introduciendo BIM en diversas asignaturas. Esta introducción del BIM en el plan de estudios se hará combinando las acciones puntuales en los cursos iniciales de Grado y una orientación BIM más metodológica y como flujo de trabajo y comunicación transversal entre especialidades en cursos más avanzados. En estos cursos más avanzados los alumnos poseen más conocimientos sobre los diferentes campos de la ingeniería y parten de un conocimiento básico de software específico BIM que permite centrarse en la gestión y el flujo de información de forma combinada con el trabajo en competencias propias de las asignaturas.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

De esta manera se busca implantar el BIM en los proyectos transversales que se realizan como “PBL” (Project Based Learning) y que se llevan a cabo en 2º, 3º y 4º del Grado en Ingeniería Civil

Proyecto Integrador de 2º: “Diseño de una Carretera” en el que se aborda el diseño de una carretera que implica a las asignaturas de Planificación y Ordenación del Territorio, Infraestructuras del Transporte I, Mecánica de suelos, y Análisis de Estructuras. Este proyecto tiene una duración anual y en él se persigue analizar las características del terreno para realizar un mapa de acogida de infraestructuras donde desarrollar a posteriori una carretera convencional que cumpla todos los criterios de trazado de acuerdo a la normativa. Se complementa con el diseño de una campaña geotécnica de campo y se analizan los parámetros principales para calcular estabilidad de taludes y muros de contención tipo Cantilever. Finalmente, con la carretera ajustada a la opción más óptima, se aborda el diseño y cálculo de una pasarela que dé servicio a dos poblaciones próximas mejorando la permeabilidad en cuanto a movilidad de la zona.

Proyecto Integrador de 3º: “Aula empresa” en el que se aborda el diseño de una estación intermodal que implica a las asignaturas de Taller de Ingeniería del Transporte, Taller de Proyecto de Estructuras, y Edificación e Instalaciones. Este proyecto tiene una duración trimestral ocupando por completo la dedicación de los alumnos en ese intervalo de tiempo. Se inicia el proyecto con el análisis de matrices origen/destino entre los diferentes barrios de la ciudad de Vitoria, analizando a su vez la red de transportes público y proponiendo una ubicación estratégica y razonada técnicamente para una estación intermodal que una el autobús y vehículos privados con el ferrocarril. Una vez definida la ubicación en base a análisis multicriterio se pasa a determinar las necesidades espaciales de la estación en cuanto a servicios y dársenas y se procede al diseño de la estructura avanzando en aspectos de edificación e instalaciones.

TFG: El trabajo Fin de Grado es, por naturaleza, una asignatura multidisciplinar en cuya elaboración intervienen diferentes especialidades cuyas competencias se han desarrollado y adquirido a lo largo de los diferentes cursos.

Creación de un calendario único de formación que contemple la formación extracurricular de los estudiantes y la formación del profesorado, por las sinergias y comparticiones que se puedan producir.

Formación de los profesores en aspectos de BIM Management para completar esta formación en temas de gestión BIM y combinarlo con los profesores expertos en software BIM que se han incorporado al claustro.

Organización de una jornada nacional de “BIM en la ingeniería Civil” para poner en común las experiencias y observaciones realizadas desde el inicio del proyecto.

Se pretende cerrar proyectos de investigación y profesionales de innovación relacionados con la tecnología BIM involucrando a nuestro claustro y a los estudiantes.

La continua revisión bibliográfica y reuniones del grupo de trabajo perseguirán detectar aquellas competencias específicas dentro de las asignaturas que se ven favorecidas y



fortalecidas por el uso del BIM, e identificar las diversas “Competencias BIM” que se ponen en juego y que van adquiriendo tanto alumnos como profesorado.

4.3. Año académico 2016-17

La idea es proseguir con la inmersión de BIM en el currículum de la titulación pero planteando diferentes niveles de adquisición de las competencias detectadas el curso anterior de cara a formalizar este aprendizaje y poderlo incorporar como parte de la evaluación de las asignaturas

Se plantea la integración total en la titulación integrando:

- Formación al profesorado
- Formación extracurricular a alumnos y estudiantes
- Formación curricular con itinerario formativo en BIM para la adquisición de competencias de diseño, uso, gestión y manejo de la tecnología BIM en los distintos proyectos de ingeniería civil.
- Integración de PBES (Project Based Engineering School) con BIM
- Inicio y uso de la tecnología BIM y realidad virtual para la adquisición de las competencias habituales de ingenieros civiles

5 RESULTADOS PRELIMINARES

En el curso académico 2014-15 se inició el trabajo de revisión bibliográfica a la vez que se preparó un claustro para presentar el planteamiento de implantación de BIM en la titulación de la forma expuesta en el apartado anterior y para formar el grupo de trabajo que llevaría a cabo dicha implantación.

El grupo de trabajo principal quedó finalmente compuesto por 4 docentes del departamento de ingeniería Civil y 3 docentes del departamento de Arquitectura (todos ellos involucrados en la implantación de BIM en su departamento. Se presentó el planteamiento de implantación progresiva introduciendo en primera instancia una explicación del concepto BIM y un recorrido por su origen y evolución.

En el claustro se hizo patente el rechazo a la implantación de BIM en civil por parte de algunos docentes. Argumentaban entender la utilidad en el ámbito de la edificación o de la arquitectura, pero lo veían inviable y ciertamente estéril en el campo de la ingeniería civil, donde el ámbito natural de desarrollo contempla muchos más condicionantes y un entorno muy superior. Como ejemplo, se plantearon Obras lineales. Algunos docentes expresaron el temor de relegar la parte técnica en pro de una modelización en tres dimensiones por lo ajustado del plan de estudios. Además, no veían la compensación al esfuerzo de implantación e integración, ni la posibilidad técnica de software y hardware que manejara archivos con tanta información. Fruto de este rechazo se reestructuró el planteamiento de implantación con un mayor foco en la formación del profesorado.

Se rediseñó el Plan de Formación tanto para profesorado como para alumnos incorporando nuevos cursos al calendario unificado. Se ofertaron adicionalmente a los cursos planteados otros cursos de formación básica en BIM para los alumnos de todos los cursos académicos



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

de grado y para docentes combinando el claustro de civil y el de arquitectura. Se decidió incorporar el planteamiento de forma igualmente progresiva al curso de posgrado: Máster en Ingeniería de Caminos Canales y Puertos. Así mismo se decidió incorporar al grupo de trabajo a docentes del Posgrado universitario de Gestión de proyectos BIM (BIM Manager) de la UEM (Universidad Europea de Madrid).

El grado de acogida de estos nuevos cursos fue escaso. El principal motivo fue el enfoque de los cursos orientados a edificación y arquitectura, principalmente por el grado de desarrollo de BIM en civil (incipiente y prometedor pero realmente escaso) y por el perfil de los formadores, eminentemente profesionales de los campos de la edificación y la arquitectura.

El planteamiento dentro de las asignaturas puntuales con formación de software específico fue satisfactorio incorporándose de forma muy natural a la adquisición de las competencias propias de las asignaturas donde se desarrollaban.

Se sientan las bases para desarrollar un TFG orientado a la investigación BIM, y acuerdos de colaboración con una empresa constructora para desarrollar un proyecto de infraestructura en BIM.

En el curso académico 2015-16 se inició el trabajo, con la unificación del calendario de formación extracurricular de toda la universidad.

6 CONCLUSIONES

El desarrollo de proyectos utilizando metodología BIM lleva asociado una disminución de los errores cometidos durante la ejecución de la obra mejorando la coordinación y la labor de gestión de la información, lo que además puede suponer un ahorro en costes totales del proyecto. La difusión de los primeros casos de éxito internacionales, especialmente en Edificación, junto con la próxima implementación desde la administración en 2019 en el ámbito de las Infraestructuras Civiles plantea una ineludible incorporación de la Ingeniería Civil al proceso de trabajo BIM.

La formación de estudiantes universitarios en el uso de esta metodología supone un adelanto en la adquisición de competencias que los profesionales deberán desarrollar en los próximos años.

Los primeros resultados obtenidos en la puesta en marcha de este proyecto han servido para redefinir una metodología de implantación, retroalimentándola con los resultados obtenidos durante la fase inicial. Los problemas detectados inicialmente han permitido ajustar la metodología y dotar al proyecto de mayor consistencia.

El rechazo inicial de profesores y alumnos ha dado paso a una creciente y positiva acogida, de manera que se ha implantado una formación especializada en BIM-Civil para alumnos y para el claustro. Se han abierto proyectos de investigación, Trabajos Fin de Grado y Proyectos Integradores empleando esta metodología, y se prevé una mejor acogida e integración en el próximo curso académico.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

Por todo ello, se puede considerar que la especialización de un BIM propio de Civil, aunque basado en las experiencias de la Edificación, está permitiendo una más óptima implementación en el aula, dotando de competencias y herramientas más eficientes a profesores y alumnos en el nuevo futuro docente y laboral.

7 REFERENCIAS

- [1] Lee, N., Dossick, C.S. (2012). Leveraging building information modeling technology in construction engineering and management education. Annual Conference Proceedings, American Society for Engineering Education.
- [2] Casey, J. (2008). Work in Progress: How Building Information Modeling May Unify IT in the Civil Engineering Curriculum. 38^a ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, (págs. S4J-5, S4J6). Saratoga Springs.
- [3] Azhar, S., Khalfan, M., Maqsood, T. (2012). Building information modelling (BIM): now and beyond. Australasian Journal of Construction Economics and Building, 12(4), 15–28.
- [4] Prieto, A., Reyes, A. (2015). BIM como paradigma de la modernización del flujo de trabajo en el sector de la construcción. Spanish Journal of BIM. Building Smart, 36-45.
- [5] Holzer, D. (2007). Are you talking to me? Why BIM alone is not the answer. Techniques and Technologies: Transfer and Transformation. Association of Architecture Schools Australasia Conference. Sydney.
- [6] Nejagt, A., Mukaddes, M., Ghebrab, T. (2012). BIM Teaching Strategy for Construction Engineering Students. American Society for Engineering Education.
- [7] Hartmann, T., and Fischer, M. (2008). "Applications of BIM and hurdles for widespread adoption of BIM 2007 AIXC-ACCL eConstruction roundtable event report. Center for Integrated Facility Engineering, Stanford.
- [8] McGraw Hill Construction SmartMarket Report. (2008). Building Information Modeling: Transforming design and construction to achieve greater industry productivity.
- [9] McGraw Hill Construction SmartMarket Report. (2009). Business Value of BIM: Getting Building Information Modeling to the Bottom Line.
- [9] McGraw Hill Construction SmartMarket Report. (2009). Business Value of BIM: Getting Building Information Modeling to the Bottom Line.
- [10] Behzadan, A., Iqbal, A., Kamat, V. (2011). A Collaborative Augmented Reality Based Modeling Environment for Construction Engineering and Management Education. Conference on Modelling and Analysis for Semiconductor Manufacturing, (págs. 3568-3576). Phoenix.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

- [11] Sacks, R. and Barak,R. (2009). Teaching building information modeling as an integral part of civil engineering in freshman year. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 30-38.

- [12] Sabongi, F. (2009). The Integration of BIM in the Undergraduate Curriculum: An Analysis of Undergraduate Courses. *ASC 45th Annual International Conference*, (págs. 411-431). Gainesville, Florida.

- [13] Becerik-Gerber, B. , Gerber, D. J. (2011). The Pace of Technological Innovation in Architectural, Engineering, and Construction Education: Integrating Recent Trends into the Curricula. *Journal of Information Technology in Construcción* 16, 411-431.

- [14] Woo, J. (2006). BIM (Building Information Modeling) and Pedagogical Challenges. *Proceedings of the 43rd ASC National Annual Conference*, (págs. 12-14).

- [15] Arnett, M.K., Quadrato, C. E. (2012). Building Infromation Modelling:Design Instruction by Integration into an undergraduate curriculum. *American Society for Engineering Education*.



BIM EN EL DISEÑO PRELIMINAR DE INFRAESTRUCTURAS: UNA PERSPECTIVA DE PROFESIONALES DEL SECTOR

González de Chaves Assef, Paula (1), Martín-Dorta, Norena (2), Rodríguez-Castells, Raúl Lluís (3)

- (1) Doctorado en Física e Ingeniería, Universidad de La Laguna paulagcha@gmail.com.
- (2) Dpto. Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura, Universidad de La Laguna, nmartin@ull.edu.es.
- (3) Doctorado en Ingeniería Industrial, Informática y Medioambiental, Universidad de La Laguna, raulcastells@gmail.com

RESUMEN

Los Modelos de Información de Edificios (BIM) presentan hoy en día una importante implantación en la industria de la construcción. Sin embargo, en el campo de la Ingeniería Civil y de las Infraestructuras de gran escala la penetración está siendo más lenta, debido fundamentalmente al tamaño y complejidad de este tipo de construcciones. Este trabajo presenta un estudio llevado a cabo en la Universidad de La Laguna en julio de 2015. Se imparte el Taller denominado "*Diseño Conceptual con Herramientas en Ingeniería Civil*" dirigido a profesionales del sector de la ingeniería Civil. El diseño conceptual se desarrolló con el software Autodesk InfraWorks 360. La tecnología y metodología utilizada fue valorada mediante un cuestionario de satisfacción. Se concluye que los participantes consideraron BIM como una buena herramienta y mostraron reacciones muy positivas respecto a sus posibilidades en el ámbito de la Ingeniería Civil. En general la tecnología fue clasificada como interesante y atractiva y como un avance respecto a las metodologías tradicionales. Además los participantes consideran de utilidad el taller y recomendarían el software a otros compañeros de profesión.

Palabras clave: BIM, Building Information Modeling, Civil

ABSTRACT

Nowadays Building Information Modeling (BIM) presents a significant implementation in the construction industry. Nevertheless, the penetration in the civil engineering and infrastructures projects has been slower than expected, mainly due to the size and complexity of this type of constructions.

This paper presents a pilot study carried out in the University of La Laguna (Spain) during the 2015 academic year. A workshop called "Conceptual design with BIM tools in Civil Engineering" was conducted oriented to technical professionals. Engineers have to develop a proposed exercise about urban planning and design accorded to municipal district regulations. The conceptual design is developed with the BIM software, Autodesk InfraWorks 360.

The participants completed a questionnaire to evaluate the technology and methodology used in the proposed exercise. Professionals have valued positively the BIM technology and



they believe that it has many possibilities in the field of civil engineering. Overall BIM was assessed as an interesting and engaging technology and as an advance compared to traditional methodologies. Engineers also considered the workshop useful and they would recommend the BIM software to their professional colleagues.

Keywords: *BIM, Building Information Modeling, Civil*

1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años la industria de la construcción está evolucionando gracias a los avances tecnológicos y de las nuevas metodologías de trabajo como Building Information Modeling (BIM). Esta metodología engloba a todas las disciplinas que intervienen en el desarrollo de un proyecto como el diseño arquitectónico y de ingeniería, la construcción, el mantenimiento, abarcando desde el diseño conceptual de un proyecto a todo su ciclo de vida.

BIM es definido como la “*Forma de trabajo en el que mediante herramientas informáticas se elabora un modelo de un edificio al que se incorpora información relevante para el diseño, construcción o mantenimiento del mismo*” [1].

Históricamente los arquitectos, ingenieros y diseñadores utilizaban tableros de dibujo y técnicas de dibujo manual para transmitir sus propuestas de diseño a los clientes. Entre los años 1970 y 1980, la industria AEC progresó al uso de los sistemas CAD [2], de tal forma que los ordenadores asistían en la elaboración, diseño y redacción de obras de ingeniería. Comparado con el dibujo manual, el *Diseño Asistido por Ordenador (Computer Aided Design, CAD)* produjo mejoras en la productividad y en la reducción de los costes al permitir desarrollar mayor cantidad de trabajo en menor tiempo y con un menor esfuerzo. Sin embargo, el reto era asegurar la coherencia entre todos los documentos de un proyecto [3].

En el año 2010, los principales actores que implementaron el uso de BIM en la industria fueron los arquitectos (47%), seguidos por los ingenieros (38%) y los contratistas (24%) [4], lo que pone de manifiesto la importancia de BIM en el campo de la ingeniería. Aunque la implicación de BIM en la industria de la construcción se ha notado, en teoría y en la práctica, su aplicación en diseño de carreteras parece ser comparativamente más lento que el diseño de edificios [5].

En el campo de la ingeniería civil, el diseño de una carretera es complejo y requiere mucho tiempo debido a su naturaleza. Cuando se planifica una nueva alineación de carretera, lo normal es identificar múltiples opciones de alineación y determinar la mejor opción en función de múltiples factores [6]. Baeza Pereyra y Salazar Ledezma en 2005 establecen un modelo integrado de información y su relación aproximada con las etapas de construcción, estableciendo como primera etapa la del Diseño Conceptual [7] (Ver Fig. 1).

En el ámbito de la construcción se puede definir el concepto de Diseño Conceptual como la primera fase de un proyecto, cuyo propósito es la evaluación y la selección de la mejor alternativa para el proyecto en la que puede intervenir el cliente y el técnico. En este sentido, Autodesk InfraWorks 360 es una herramienta que puede ayudar a esbozar varias propuestas de diseño, mejorar la visualización, la interpretación de planos y, por tanto, la relación con los clientes.

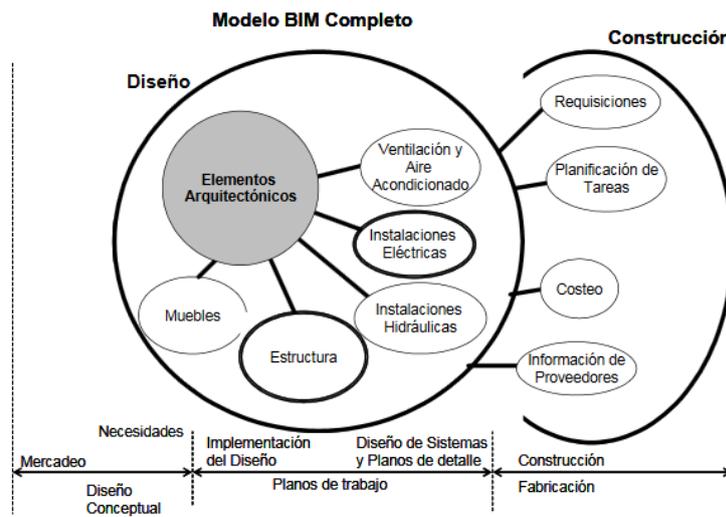


Fig. 1. Modelo Integrado de Información para la Construcción y su relación aproximada con las etapas de construcción. 2005. [7]

Las perspectivas de crecimiento a nivel mundial tanto del sector de la construcción en sí como del uso de la metodología BIM son una señal de alerta al sector de la educación, ya que debe enfocar la preparación de los estudiantes que cursan carreras profesionales vinculadas al sector de la construcción al uso y familiarización de estas herramientas en todo su ciclo formativo [8].

En julio de 2015 se imparte en la Universidad de La Laguna el Taller denominado “*Diseño Conceptual con Herramientas en Ingeniería Civil*”, con objeto de valorar el impacto del uso de herramientas BIM en el ámbito del diseño preliminar de infraestructuras civiles. En los siguientes apartados se desarrolla en detalle la estructura del taller: participantes, instrumentos, procedimiento y el análisis de datos y resultados.

2 MÉTODO

2.1 Participantes

El taller estuvo dirigido a profesionales de la ingeniería civil y a estudiantes de último curso de este Grado de la Universidad de La Laguna. Participaron 10 profesionales voluntarios, de los cuales el 90% fueron hombres. La media de edad fue de 34,13 años (mínimo=25 y máximo=53; DE= 9,23). El taller se realizó en el marco de un proyecto para el estudio y la divulgación de la metodología BIM entre los estudiantes y profesionales del sector de la

construcción. La participación en el taller fue voluntaria. Se informó a todos los asistentes que los datos y resultados serían utilizados de forma anónima con fines de investigación. Se impartió en un aula de informática de la Universidad. La difusión se realiza a través de los mecanismos de divulgación de los que dispone la Universidad de La Laguna y el Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas e Ingenieros Civiles de Santa Cruz de Tenerife.

2.2 Instrumentos

Software

El origen de InfraWorks data del año 2012. Surge con el objeto de apoyar a los profesionales del sector de la construcción como herramienta para facilitar su trabajo y transmitir de forma visual y en un mismo entorno distintas alternativas de diseño de un proyecto. En un primer momento Autodesk lanzó al mercado *Modeler 2012*, con el objetivo de poder crear un modelo a partir de CAD, GIS y datos de diseño combinado con el workflows con Map 3D y Civil 3D. De esta manera se podían esbozar propuestas de diseño y ver como un proyecto de infraestructura puede ayudar a mejorar la eficiencia en las primeras etapas de la fase de planificación. A partir de ahí se desarrolló hasta lo que se conoce en la actualidad como *InfraWorks 2016 y/o InfraWorks 360* (Ver Fig. 22). InfraWorks permite evaluar la propuesta de una infraestructura en un contexto real.

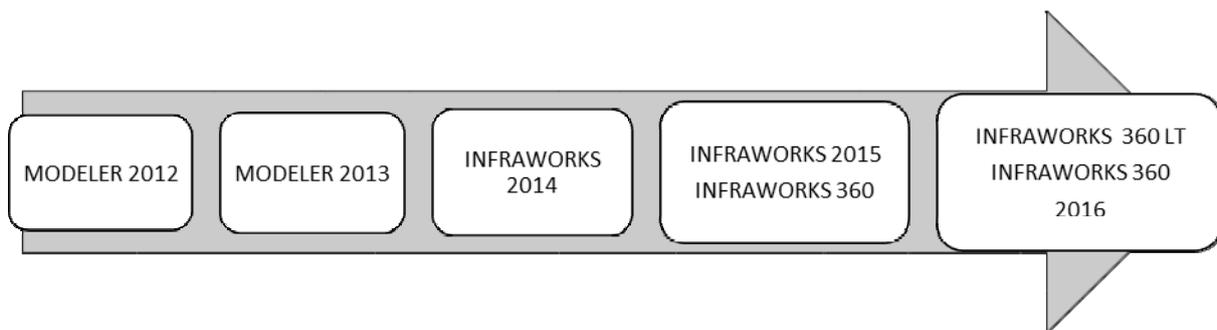


Fig. 2. Evolución software InfraWorks. 2016. Elaboración propia. Autodesk

Guía de apoyo para el taller

Se entrega también a los participantes una guía en papel que describe las actividades propuestas en el desarrollo de la sesión, con recursos adicionales para complementar sus conocimientos una vez finalizado.

Cuestionario

Para medir la satisfacción de los participantes con las actividades propuestas, se facilitó al final del taller un cuestionario, constituido por un conjunto de preguntas que utilizan una escala estándar de Likert de cinco puntos (desde Totalmente en desacuerdo a Totalmente de acuerdo). Para asignar un valor cuantitativo a estos elementos de Likert, se le asignan valores enteros positivos y progresivos de 1 (Totalmente en desacuerdo) a 5 (Totalmente de



acuerdo), lo que permite el uso de la media y la desviación estándar para cuantificar los parámetros de interés.

2.3 Procedimiento

La duración del taller fue de 180 minutos. La jornada se planteó con una primera parte teórica y una segunda parte práctica desarrollada en 6 Actividades. La parte teórica se inició con una introducción a la metodología BIM, definición y su importancia actual en el sector de la construcción, con el fin de dar a conocer a los participantes a modo de esbozo la tecnología. Se define el concepto de diseño conceptual y se muestra un video a modo de ejemplo de un ejercicio realizado con el software InfraWorks 360 en el ámbito del Proyecto de construcción de una Carretera de circunvalación en un núcleo urbano de Güimar, de julio 2014 (Ver Fig. 3).

La segunda parte del taller lo constituye un ejercicio práctico. Se entrega la documentación necesaria: el enunciado del ejercicio y los archivos de datos de partida. Como archivos de datos de partida se facilitaron los siguientes:

- la *Unidad de Actuación*, en formato SHP (Shapefile),
- una *Ortofoto* actualizada del sector en formato ECW (Enhanced Compression Wavelet),
- y los *Viales* establecidos por el PGO de La Laguna en formato SHP (Shapefile).

El ejercicio consiste en desarrollar el diseño preliminar de la ordenación de un sector en el T.M. de La Laguna, concretamente la Urbanización de un Sector de Suelo Sectorizado No Ordenado con designación San Diego 1, según PGO en tramitación [9] (Ver Fig. 4).

El ejercicio práctico se estructura en 6 actividades según se detalla en la Fig. 5:

- Actividad 1: Recopilación de Información, datos de partida y normativa. (PGO San Cristóbal de La Laguna).
- Actividad 2: Generar el modelo en InfraWorks 360 con Model Builder.
- Actividad 3: Abrir el modelo y cargar datos de partida. Ámbito de actuación, ortofoto y sistema viario estructurante.
- Actividad 4: Trazar el sistema viario general/ local y manzanas.
- Actividad 5: Incorporación del Mobiliario Urbano.
- Actividad 6: Generar el video de presentación de la propuesta de intervención.

Al concluir se distribuye el cuestionario para valorar la satisfacción percibida por los asistentes con las nuevas herramientas que nos ofrecen los modelos de información en infraestructuras.

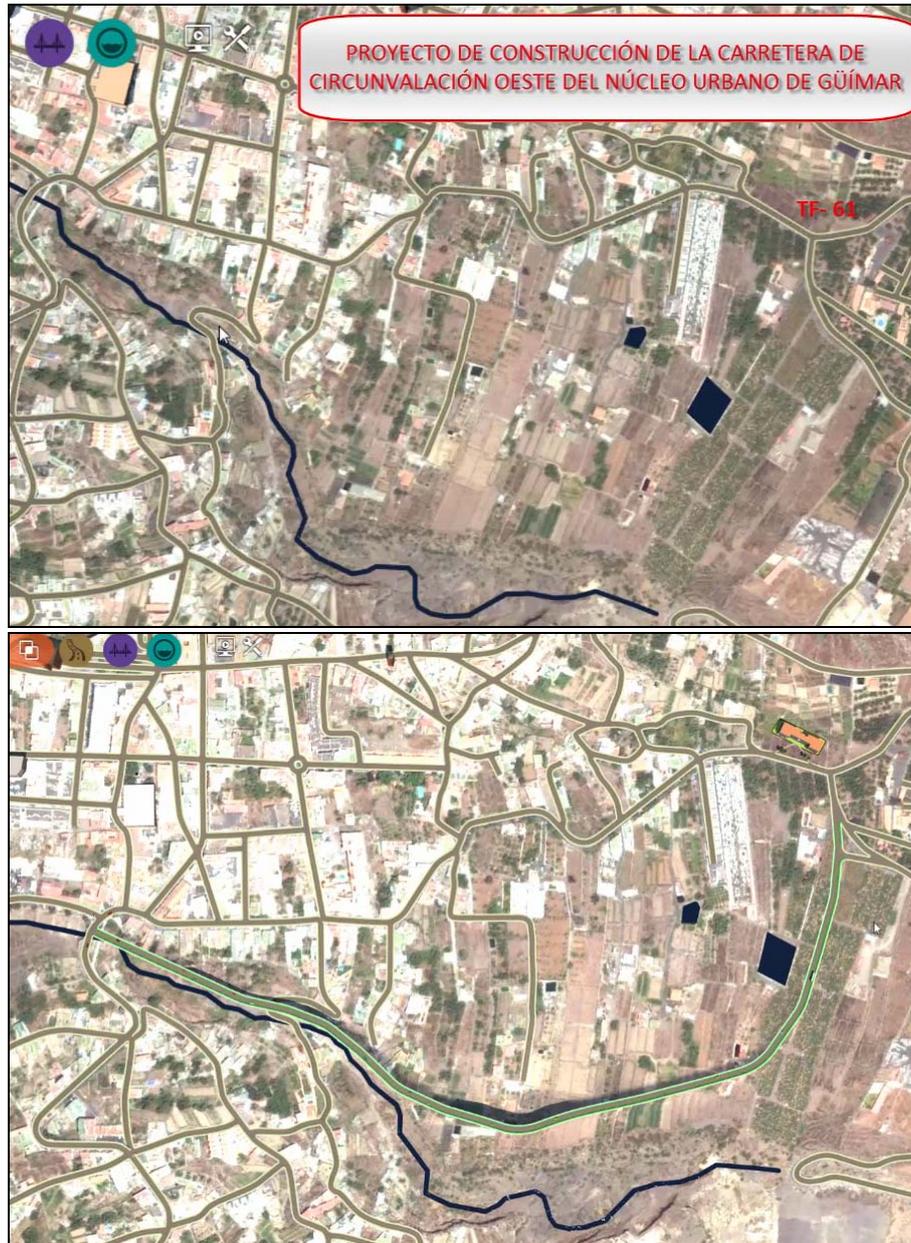
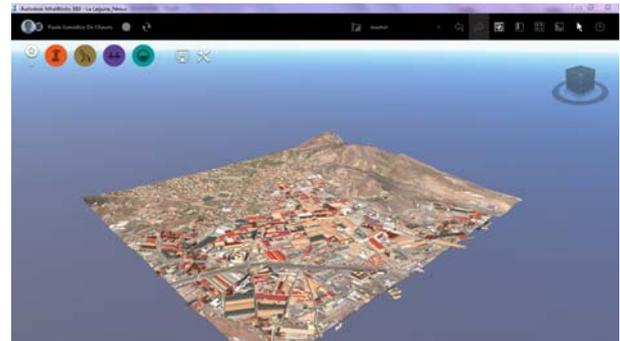


Fig. 3. Propuesta Proyecto de Circunvalación. Arriba antes- Debajo después. 2015. Elaboración Propia.

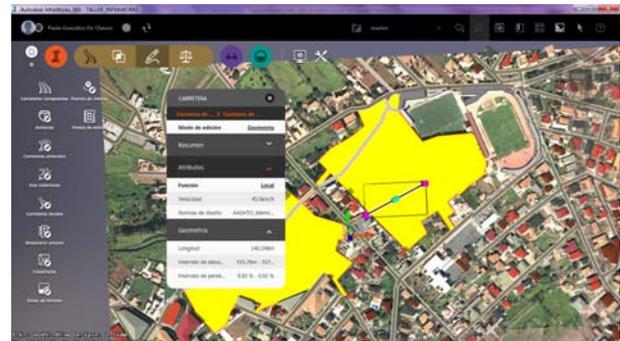
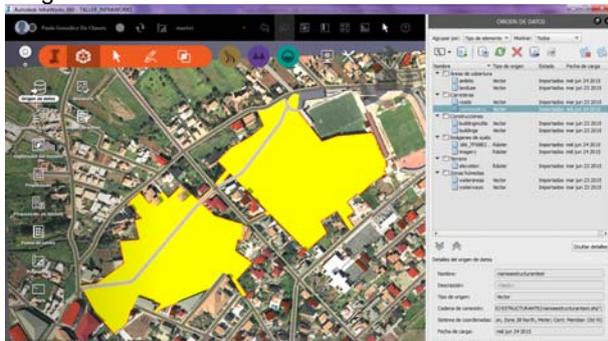
Planificación Urbana. El uso de la tecnología fue calificada como interesante y atractiva (100%) y como un avance respecto a los métodos tradicionales de CAD, papel, etc. (100%).

Durante el taller los alumnos se mostraron receptivos, colaborativos y participativos en los ejercicios. Para el 70% era la primera vez que tomaban contacto con este tipo de herramientas y tecnologías.



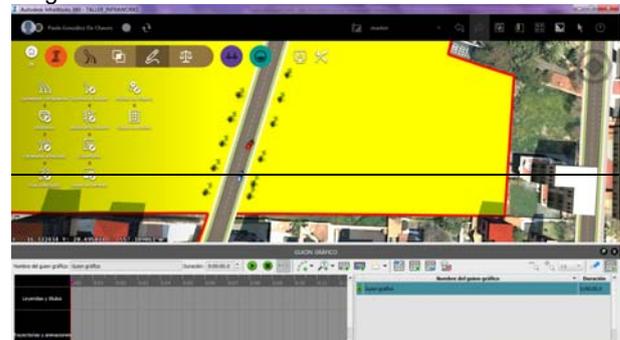
Actividad 1: Análisis zona de Actuación PGO Sector San Diego 1

Actividad 2: Zona de actuación creado con el Generador de Modelos



Actividad 3: Cargar el Sistema Viario tipo S.08

Actividad 4: Trazar Sistema Viario con Características Asignadas



Actividad 5: Insertar Mobiliario Urbano

Actividad 6: Generar de Video de presentación de la propuesta

Fig. 5. Actividades del ejercicio práctico. 2015. Elaboración Propia

Pregunta		Media	Desviación estándar
A1	El objetivo del taller ha sido claro	4,2	0,632
A2	Este material me parece útil e interesante	4,4	0,699
A3	La duración del taller ha estado bien dividida/organizada/planeada	3,6	0,966
A4	He encontrado dificultades en la interfaz para utilizar el software	2,6	0,843
A5	Después de realizar el taller, mi conocimiento de BIM es bueno	3,1	0,994
A6	He aprendido información útil en el taller para mi profesión	4,2	0,422
A7	Utilizaría este software para próximos proyectos/trabajos profesionales	4,0	0,667
A8	Recomendaría esta herramienta a otros compañeros de profesión	4,2	0,422
A9	Me gustaría saber más sobre la tecnología de BIM	4,5	0,527
A10	El uso de la tecnología BIM es útil para los trabajos profesionales en la Obra Civil/ Planificación Urbana...	4,5	0,527
B1	El uso de la tecnología BIM es interesante y atractiva	4,6	0,516
B2	El uso de la tecnología BIM proporciona un avance respecto a los métodos tradicionales (CAD/ Papel...)	4,6	0,516
B3	El uso de herramientas tridimensionales permite incrementar la atención y motivación para resolver los ejercicios que se plantean	4,2	0,632
B4	El uso de herramientas BIM puede beneficiar el entendimiento de distintas disciplinas: trazado de carreteras, puentes, hidrología, etc.	4,4	0,516
B5	Globalmente, me ha gustado mucho el taller	4,2	0,632
B6	Globalmente, me ha gustado mucho la herramienta utilizada	4,2	0,632

Tabla 1. Preguntas y Resultados satisfacción de Procesos de la Metodología BIM

Los resultados con la frecuencia de respuestas a las preguntas realizadas en el estudio se muestran en la Fig. 6. Cabe destacar que la valoración global del taller fue muy buena según se detalla en la Fig. 7. Como aspectos positivos y sugerencias de la aplicación los participantes exponen:

- *“Ampliación de información y mejora en producto”*
- *“Encontrar una forma novedosa y útil de trabajar”*
- *“Dinámica”*
- *“Rapidez en el manejo de la aplicación”*

Como aspectos negativos o problemas encontrados, los participantes exponen:

- *“Velocidad de Trabajo del ordenador”*
- *“Buscar la manera de usarlo con los programas que uso normalmente”*
- *“Los requerimientos de sistema operativo. En mi caso mi ordenador es 32 bits y no podré utilizar esta tecnología sin adquirir un ordenador nuevo.”*
- *Tiempo*
- *Requiere muchos requisitos técnicos y conexión a internet*

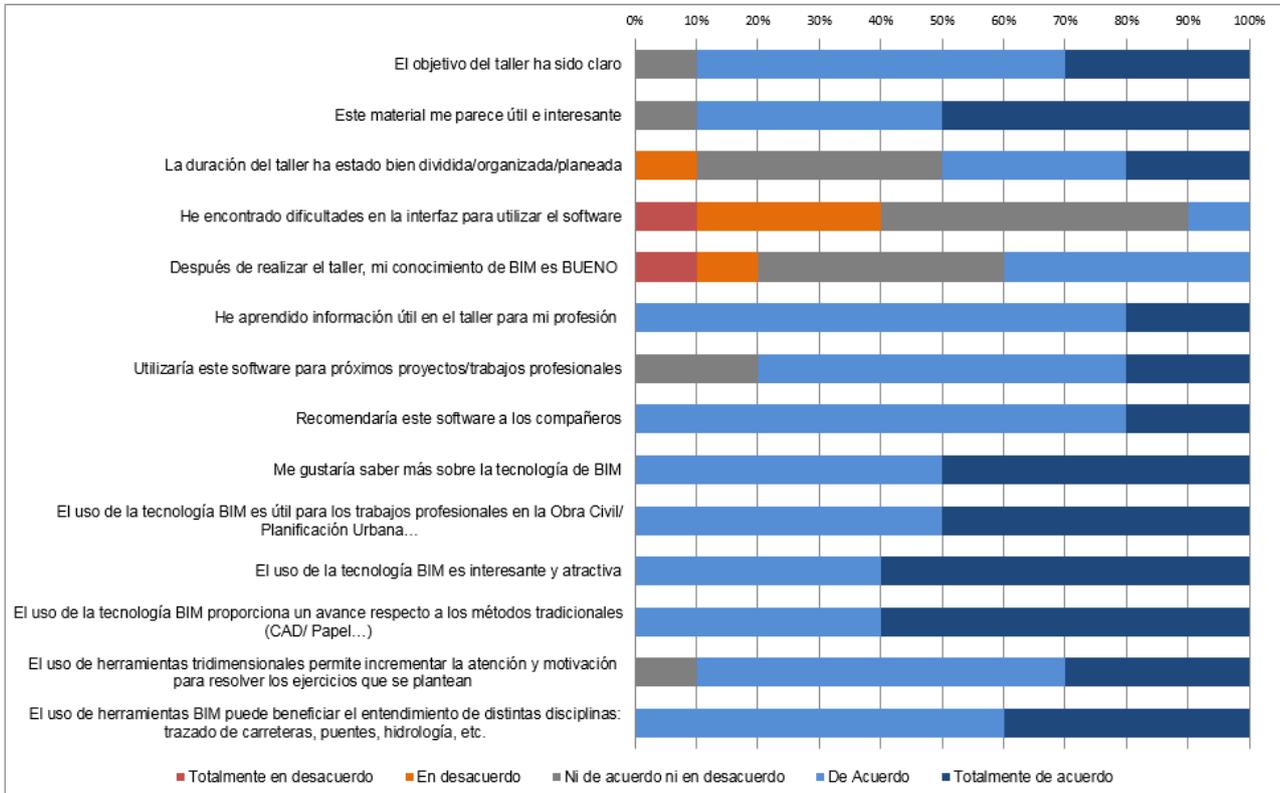


Fig. 6. Frecuencia (%) de respuestas. 2015. Elaboración Propia.

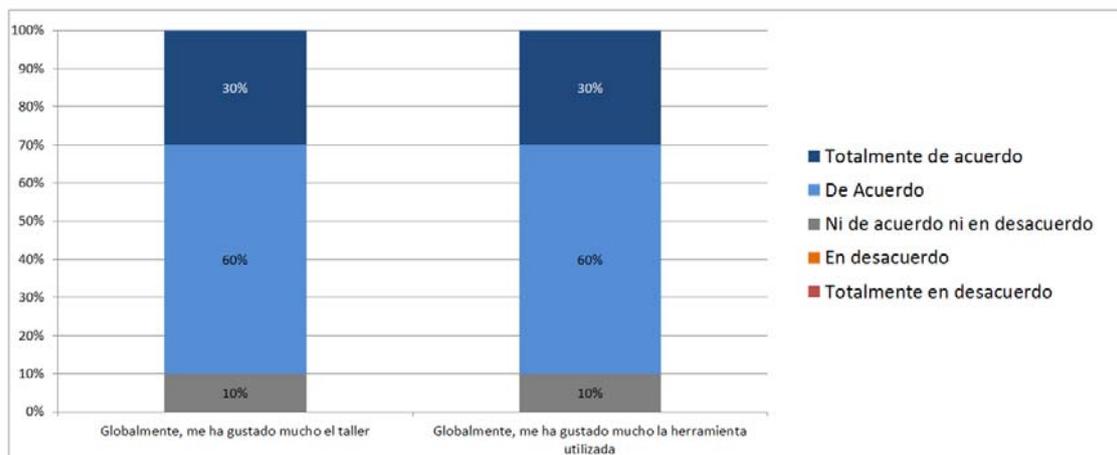


Fig. 7. Valoración global del taller. 2015. Elaboración Propia.

4 CONCLUSIONES

Este estudio muestra el potencial de la tecnología BIM para convertirse en una herramienta de uso cotidiano para las personas involucradas en el sector de la construcción. Concretamente el software InfraWorks 360 se proyecta como una nueva forma de concebir



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

el diseño conceptual aplicado a proyectos del ámbito de la Ingeniería Civil, especialmente relacionados con Carreteras, Puentes y Drenaje Se presenta como una forma atractiva de presentar los proyectos relacionados con la ingeniería civil, los usuarios pueden trabajar en una interfaz atractiva y fácil de entender y con facilidad de transferencia de datos entre otros software.

Como muestran los resultados, el taller resultó útil a los participantes, el material fue adecuado y los participantes resolvieron los ejercicios con mayor o menor grado de dificultad. Este trabajo pretende constituir un estudio piloto inicial, puesto que el número de participantes no nos permite sacar conclusiones extrapolables a una población mayor.

En el futuro se plantea repetir esta experiencia con un grupo más amplio de profesionales y de estudiantes de últimos cursos de grado con el objetivo de mejorar el grado de información de las respuestas obtenidas. El interés de este y futuros trabajos es el de determinar si existe una diferencia entre las nuevas metodologías de trabajo y las tradicionales y la aportación entre los estudiantes de distintos niveles y los profesionales del sector.

5 AGRADECIMIENTOS

El presente estudio ha sido desarrollado al amparo del Proyecto de Investigación "*BIMNOTES: Anotaciones de Modelos 3D en el Ciclo de Vida en Entornos BIM*", del Plan Nacional de I+D+I del Ministerio de Economía y Competitividad y del Proyecto de Investigación "*BIMCanarias: La Tecnología BIM en el impulso de la industria Canaria de la Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Mantenimiento (AEC/O)*", financiado por la Fundación Caja Canarias.

6 REFERENCIAS

- [1] Spanish, B. S. (2014). Guía de Usuarios BIM.
- [2] Bew, M., & Underwood, J. (2009). Delivering BIM to the UK Market. En Handbook of research on building information modeling and construction informatics: Concepts and technologies (págs. 30-64).
- [3] Crotty, R. (2013). The impact of building information modelling: Transforming construction. Routledge.
- [4] Construction, M. H. (2010). The business value of BIM in Europe: Getting building information modelling to the bottom line the United Kingdom, France and Germany. Smart
- [5] Market Report, 2010. Smart Market Report.



- [6] Honarpisheh, Amirkasra. (2014). A Survey on Application of Building Information Modelling in Road Construction. Thesis (M.S.), Eastern Mediterranean University, Institute of Graduate Studies and Research, Dept. of Civil Engineering, Famagusta: North Cyprus.
- [7] Augustine, A., & Eldhose, Sahimol. (2016). 3D Model for Highway Alignment. International Journal of Scientific Engineering and Research (IJSER), 63-67.
- [8] Baeza Pereyra, J., & Salazar Ledezma, G. (2005). Integración de proyectos utilizando el modelo integrado de información para la construcción. 9(3), 67-75.
- [9] Humberto, e., & Puche, d. (2009). Nuevas tecnologías en la enseñanza de la ingeniería civil: BIM y realidad virtual.
- [10] Ayuntamiento de La Laguna. (2015). Plan General de Ordenación de La Laguna. Obtenido de <http://www.gerenciaurbanismo.com>.

EUBIM 2016
Congreso Internacional BIM / 5º Encuentro de Usuarios BIM

BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON BIM



HACIA UN MODELADO BIM A TRAVÉS DE LA NUBE Y CON DATOS ENLAZADOS

Costa Jutglar, Gonçal (1), Valderrama Rodríguez, Jesús (2), Jardí Margalef, Agustí (3)

- (1) ARC, Enginyeria i Arquitectura La Salle, Universitat Ramon Llull, gcosta@salleurl.edu
(2) APOGEA Virtual Building Solutions, ajardi@apogeavirtualbuilding.com
(3) APOGEA Virtual Building Solutions, jvalderrama@apogeavirtualbuilding.com

RESUMEN

El avance en el desarrollo de las tecnologías BIM está permitiendo mejoras en los procesos de diseño y modelado de los edificios. Una parte de este desarrollo se centra en apoyar la gestión de los datos, así como su interrelación a través de las distintas disciplinas. En proyectos en BIM, la mayoría de estos datos acaban formando parte de diferentes modelos que deben ser desarrollados de forma coordinada. Para facilitar este proceso, soluciones a través de la nube y basadas en un enfoque de datos enlazados (Linked Data) están siendo investigadas, así como aquellas dirigidas a simplificar la gestión técnica de los datos para el modelado BIM. Ante este escenario de cambio, este artículo analiza el avance y proyección de estas soluciones desde diferentes ópticas (estandarización, enfoques y su viabilidad, etc.). El artículo finaliza con la presentación de un ejemplo en el que se expone un caso de uso de solución basada en servicios en la nube. A través del ejemplo de un proyecto real, se muestra cómo se puede mejorar el flujo de intercambio de datos entre herramientas de modelado a través de la plataforma FLUX.IO.

Palabras clave: *Datos Enlazados, Tecnologías Semánticas, Dynamo, Flux, Modelado BIM, Revit.*

ABSTRACT

Progress in the development of BIM technology is enabling improvements in the design and modelling of buildings. Part of this development focuses on supporting the data management and their interrelation across the different disciplines. In BIM projects, most of these data become part of different models that must be developed in a coordinated manner. To facilitate this process, solutions in the cloud and those based on a linked data approach are investigated, as well as those aimed at simplifying the technical management of data for the BIM modelling. Given this scenario of change, this paper analyses the progress and projection of these solutions from different perspectives (basically, from the standardization, different approaches and their feasibility). The paper concludes with the presentation of an example that demonstrates how some of these solutions can be exploited to improve the modelling, in particular through the 'API view and data' of Autodesk, and FLUX.IO which enable to link data from different software such as Dynamo, Excel or Grasshopper, using a server to store and manage the data centrally.

Keywords: *Linked Data, Dynamo, Flux, BIM Modelling, Revit.*



1 INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, la industria de la construcción ha destinado numerosos esfuerzos a encontrar formas de comunicación más eficientes entre los diferentes agentes que participan en los proyectos constructivos, así como en proporcionar métodos más ágiles y flexibles para el desarrollo de sus procesos. La progresiva adopción de la metodología BIM por parte de la industria está facilitando, entre otras cosas, la obtención de diseños más precisos y detallados sobre lo que realmente se va a construir, y qué información va a ser necesaria para su mantenimiento. Sin embargo, aún existen una serie de retos que deben ser superados en cuanto al uso de esta metodología, especialmente para la fase de diseño. Entre ellos, este artículo analiza (1) de qué manera pueden llegar a superarse parte de los problemas asociados con la falta de interoperabilidad y (2) cómo se puede lograr una gestión más eficiente de la información para el modelado.

Estas dos cuestiones son abordadas en este artículo a través del análisis de posibles soluciones que faciliten un mayor acceso y gestión de los datos. Para ello, la primera parte del artículo analiza las soluciones basadas en las tecnologías de la web semántica, mientras que la segunda parte se centra en analizar aquellas soluciones actualmente disponibles basadas en datos y servicios en la nube.

2 APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA WEB SEMÁNTICA Y EL ENFOQUE DE DATOS VINCULADOS EN EL CONTEXTO DEL BIM

Uno de los mayores obstáculos en el desarrollo de proyectos, especialmente en los basados en BIM, es la falta de interoperabilidad en el intercambio de datos. Este problema es más o menos crítico en función de las herramientas de software utilizadas; las metodologías de trabajo aplicadas; y los conocimientos que tienen sobre las mismas los profesionales que participan en los proyectos constructivos. En el aspecto más técnico, las capacidades y limitaciones actuales de los estándares para la interoperabilidad también son determinantes.

Dado que no parece que actualmente haya una idea clara de cómo superar este tipo de problemas a través de soluciones tecnológicas convencionales, varias alternativas han sido sugeridas durante los últimos años desde diferentes ámbitos científicos. Una de estas se basa en el uso de las tecnologías de la web semántica, por ejemplo, aplicadas para vincular datos. Esta vinculación puede ser útil para facilitar una gestión más flexible y un mayor reaprovechamiento de los datos, a la vez que supone una alternativa aplicable para superar algunas de las limitaciones actuales en la falta de interoperabilidad. Para analizar cuáles son sus ventajas, este artículo introduce la idea básica, los conceptos principales relacionados con este tipo de tecnologías, y hasta donde se ha llegado en su investigación para la obtención de soluciones que permitan hacer frente a este tipo de problemas.

Actualmente muchas de las herramientas utilizadas en el desarrollo de proyectos constructivos suelen ser sofisticadas en sus respectivas áreas de trabajo (modelizado,



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

cálculo, simulación, etc.). Esto conlleva una complejidad cuando la información generada dentro de estas herramientas tiene que ser intercambiada a través de un formato estándar. El motivo reside en la dificultad para adaptarse a una amplia variedad de conceptos y relaciones, así como en mantener la coherencia de la información del modelo en todo momento [1]. Aun así, el uso de estándares abiertos se presenta como la mejor alternativa a nivel general para la interoperabilidad entre programas que no pueden comunicarse a través de formatos propietarios. Entre ellos, el formato IFC [2] es actualmente el más extendido y utilizado para el intercambio de información en proyectos BIM. Sin embargo, su uso viene limitado por una serie de barreras y obstáculos ya conocidos: la información llega incompleta, sin propagar las restricciones, con parámetros innecesarios que a veces dan lugar a modelos pesados que tardan mucho tiempo en ser generados/cargados, o incluso a veces no pueden ser procesados por los programas de destino, entre otros inconvenientes varios. Esto obliga muchas veces a tener que remodelar parte del diseño, algunas incluso desde cero.

Parte del problema de la falta de interoperabilidad viene dado también por la incapacidad en proporcionar una información sobre el modelo que se ajuste a las necesidades y requerimientos del destinatario. La adaptación a esas necesidades podría ser más sencilla si los sistemas de información que intervienen en el desarrollo y gestión del BIM fueran capaces de interconectar sus estructuras de datos con mayor facilidad para trabajar juntos de forma más eficaz [3]. Una manera de facilitar esta interconexión sería que la información a comunicar entre los distintos sistemas de información estuviera definida a través de una semántica explícita. Esta reflexión llevó hace algunos años a considerar el uso de las tecnologías de la web semántica para lograr este objetivo.

2.1 Idea básica y conceptos

La idea detrás de los conceptos 'web semántica' y 'datos vinculados', ambos introducidos por Tim Berners-Lee, el inventor de la Web, se basa en tener una red de datos interconectados a través de la Web y descritos a través de una serie de lenguajes que permiten que estos puedan ser evaluados por máquinas de procesamiento. Estos lenguajes diseñados para permitir la definición de ontologías y metadatos en la Web son principalmente el RDF (Resource Description Language) [4] y el OWL (Web Ontology Language) [5], mientras que para su consulta se utiliza el lenguaje SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language) [6]. Sin embargo, las capacidades de estos lenguajes no se limitan a que las aplicaciones informáticas sean capaces de interpretar la información, sino también en facilitar una forma flexible de enlazar los datos para crear así una red de conocimiento compartido.

La información se describe en el lenguaje RDF en forma de grafos etiquetados dirigidos. Estos grafos están formados por un conjunto de nodos (conceptos) unidos por arcos (propiedades). Ambos tipos son conjugados para crear sentencias declarativas (tripletas), las cuales se componen de dos nodos (sujeto y objeto) unidos por medio de un arco

etiquetado (predicado), representando así una relación lógica entre ambos conceptos, tal y como se muestra en la figura 1.

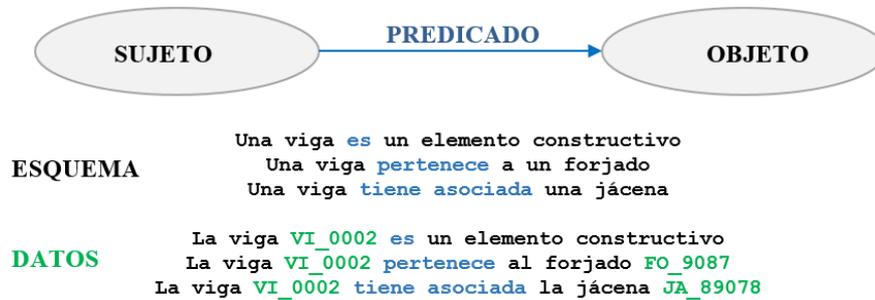


Fig 1. Ejemplo de grafo RDF en donde las partes del texto marcadas en verde hacen referencia a instancias de elementos (ejemplares) de un hipotético modelo BIM. 2016. Elaboración propia.

La aparición de las tecnologías de la web semántica ha dado lugar a la iniciativa para la interconexión de datos abiertos (Linked Open Data, en inglés) impulsada por el consorcio de la W3C. En este contexto, 'datos abiertos' significan que los datos están disponibles para todo el mundo a través de un acceso libre en la Web. Así, teniendo en cuenta este aspecto, esta iniciativa consiste en extender el dominio de la Web mediante la publicación de diferentes bases de datos con distintos tipos de información descritas en RDF, cuyos datos pueden ser referenciados (vinculados) dando lugar a una nube LOD que funcione como una base de datos común en la Web [7].

2.2 Aplicación del enfoque LOD en el contexto del BIM

El enfoque de datos vinculados presentado en el apartado anterior puede ser de utilidad para la reutilización de datos en el BIM, en donde información de diferentes dominios (datos energéticos, geográficos, sobre productos y materiales constructivos, normativas y regulaciones, entre otros) puede ser requerida para su desarrollo. Así, parte de esta información no vinculada con ningún proyecto en concreto podría ser publicada bajo estos principios. Esto facilitaría la creación de aplicaciones, servicios, plugins o funcionalidades dentro de programas dirigidas a la explotación de estos datos, pudiendo ser interpretados y reutilizados de forma automática en función de la necesidad (fig. 2). Esta vinculación de datos en la nube, sin embargo, viene actualmente limitada por la falta de implicación de los principales proveedores de datos para el BIM (fabricantes, reguladores, administraciones y otras instituciones), los cuales aún son poco conscientes sobre los beneficios de su aplicación.

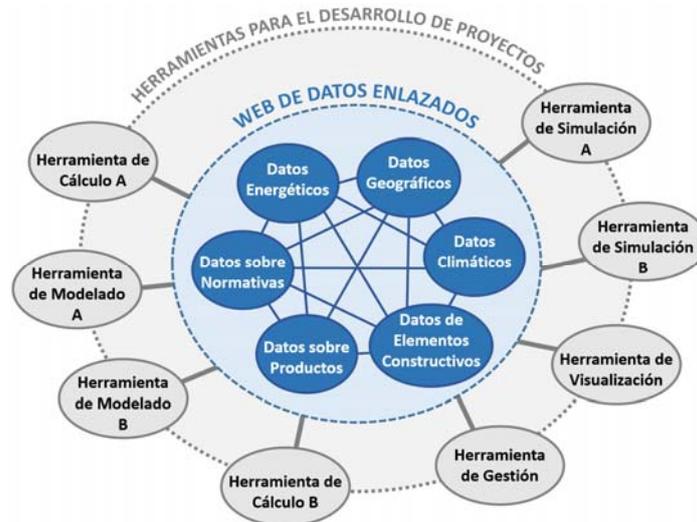


Fig 2. Enfoque de red de datos vinculados en la Web (datos energéticos, catálogos de productos, etc.) accesibles para cualquier aplicación, servicio, plugin y/o programa. 2016. Fuente propia.

2.3 Necesidad de integración de datos

Una manera de obtener los beneficios del enfoque LOD está en poder llevar a cabo consultas sobre distintos datos distribuidos en la Web. Hoy en día mucha de la información que puede ser para el desarrollo de proyectos se encuentra actualmente dispersa, almacenada en diferentes soportes, y descrita en diferentes tipos de formatos (archivos de texto, páginas HTML, hojas de Excel, bases de datos, Servicios Web, manuales, etc.) lo que hace muy difícil su reutilización de una forma automática en el modelado BIM. La combinación de estos datos podría ser de utilidad, por ejemplo, para asistir en la toma de decisiones sobre el modelado. Esta combinación puede obtenerse por medio de un proceso de integración de datos, por ejemplo, siguiendo la filosofía de los procesos ETL (Extraction Transformation and Load, en inglés). En [8], se describe un ejemplo de integración de datos relacionados con productos y materiales para la construcción, implementado siguiendo un proceso ETL, a través del uso de las tecnologías de la web semántica, con el objetivo final de desarrollar un catálogo de productos accesible a través de consultas SPARQL por parte de servicios BIM.

Un ejemplo de los beneficios en el uso de este catálogo se explica en [9], en el que se describe un enfoque para el caso del modelado estructural donde diferentes productos de elementos prefabricado de hormigón se pueden sugerir para completar el modelo (fig. 3). Para su demostración, un servicio fue desarrollado utilizando Jena, un framework de Web Semántica de código abierto para Java, a través del cual aquellos productos que cumpliendo con la normativa de seguridad estructural se ajustaban mejor a los criterios de esbeltez, y por tanto también a los económicos, eran sugeridos.

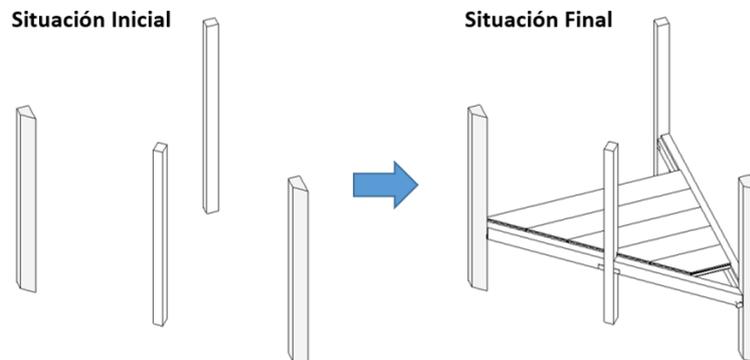


Fig 3: Modelo base de referencia (izquierda) y el resultado final a obtener (derecha).

2.4 Pasos hacia la interoperabilidad semántica

Considerando el problema de la falta de interoperabilidad, soluciones alternativas a enfoques Ad-hoc basadas en proporcionar una interoperabilidad semántica, a través de estándares existentes, se postulan como un enfoque plausible para resolver parte del problema, aunque con una previsión de éxito a largo plazo, puesto que requieren de una mayor madurez por parte del sector. La interoperabilidad semántica consiste básicamente en hacer explícita la información definida en la parte del modelo a intercambiar. Esto puede permitir crear funcionalidades dentro de las herramientas que sean capaces de interpretar la información de un diseño constructivo de manera automatizada y sin ambigüedades, ya sea en dos o tres dimensiones. Con este objetivo, en la última década se han desarrollado varias propuestas para convertir esquemas de diferentes versiones del estándar IFC, representados en el lenguaje de especificación de datos EXPRESS, a formatos ontológicos utilizando los lenguajes RDF y OWL. La expresividad proporcionada por este tipo de lenguajes facilita que los modelos de datos puedan ser extendidos, razonados y reutilizados. Actualmente, la organización BuildingSMART dispone de un grupo de trabajo iniciado en el 2015, llamado 'BuildingSMART Linked Data Working Group' (LDWG), que es responsable del desarrollo y mantenimiento de una ontología ifcOWL [10] recomendada.

La conclusión que se puede extraer en estos tres enfoques presentados anteriormente (apartados 2.2, 2.3 y 2.4) es que a pesar de los avances logrados en el desarrollo de soluciones basadas en este tipo de tecnologías para hacer frente a las dos cuestiones inicialmente planteadas en este artículo, su despliegue se encuentra todavía en un estado muy inicial, donde es difícil que soluciones de este tipo puedan ser aplicadas de forma aislada, teniendo en cuenta también su posible compatibilidad con los flujos de intercambio de información actuales.

3 GESTIÓN DEL FLUJO DE INFORMACIÓN A TRAVÉS DE LA NUBE

Los mismos problemas relacionados con la falta de interoperabilidad y la necesidad de una mayor eficiencia para el modelado, presentados y discutidos en la sección anterior, también están siendo investigados a través de soluciones pragmáticas y focalizadas en resolver



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

problemas concretos, más que en proporcionar soluciones basadas en enfoques holísticos. Aun así, la combinación de algunas de estas soluciones está permitiendo obtener mejoras sustanciales para lograr una colaboración más integrada en el desarrollo de proyectos en BIM. Parte de estos avances vienen dados por soluciones cada vez más centradas en la nube (cloud, en inglés), donde los miembros de un proyecto pueden conectarse en red para llevar a cabo su tarea. Para abordar esta cuestión, esta sección analiza cuales están siendo los resultados en la aplicación de este tipo de soluciones y cómo pueden ser explotadas para la mejora del modelado.

Actualmente, un aspecto clave para llevar a cabo esta colaboración de forma eficiente tiene que ver en cómo se establece el flujo de información a lo largo del proyecto. La mayor dificultad aquí está en disponer de la capacidad necesaria para establecer flujos continuos de información entre los diferentes procesos de trabajo que deben llevarse a cabo en el proyecto. En proyectos BIM, muchas veces esto supone gestionar grandes flujos de información, lo cual conlleva enormes esfuerzos para su coordinación, sobre todo si se tiene en cuenta la variedad de disciplinas que pueden intervenir y el diferente nivel de habilidades, conocimientos y experiencias que puedan tener los agentes involucrados en un proyecto. Parte de esta problemática fue discutida en [11] para el contexto del desarrollo de proyectos en el ámbito nacional.

Una manera de ser eficientes en esta coordinación es a través del uso de herramientas especializadas e interconectadas con un modelo central de datos. Soluciones de este tipo han sido proporcionadas en los últimos años principalmente por parte de los grandes proveedores de software (Autodesk, Graphisoft, Bentley, etc.), aunque a través de entornos cerrados donde solo programas de la misma compañía pueden conectarse con el servidor BIM correspondiente. Sin embargo, parece que esta situación está empezando a cambiar. Algunos proveedores de este tipo de soluciones han visto recientemente el potencial que supone permitir el acceso a los datos de modelos BIM en la nube, permitiendo que otras aplicaciones Web creadas y facilitadas por terceros puedan explotarlos.

3.1 Ventajas para el acceso al BIM

De un modo parecido a las ventajas que aportan los plugins en complementar aquellas funcionalidades de los programas que solo pueden ser concebidas desde una visión más cercana a los problemas reales con los que se encuentran los usuarios en su día a día, un acceso a la información de modelos BIM disponibles y accesibles desde otros servicios — fuera de las herramientas de modelado BIM en donde han sido creados— puede facilitar el desarrollo de soluciones más ajustadas a las necesidades de los usuarios. Por ejemplo, en la fase de diseño, proyectistas que no intervienen en el desarrollo del diseño más que en acciones puntuales, como por ejemplo para agregar información sobre la tipología de materiales, podrían llevar a cabo esta tarea sin necesidad de utilizar ningún software de modelado BIM. Un ejemplo sobre cómo se obtienen estas ventajas para la fase de construcción se podría dar cuando los responsables de ejecución y del control de calidad necesitan, por ejemplo, agregar información en el modelo sobre datos de laboratorio (fichas



de control), o completar el seguimiento de la planificación (fechas reales de ejecución en obra). Finalmente, para las fases de operación y mantenimiento, un ejemplo podría ser cuando surge necesidad de reposicionar o intercambiar un elemento sin que esto implique tener que usar el software nativo.

4 CASO DE USO: FLUJO DE DATOS PARA EL MODELADO A TRAVÉS DE FLUX.IO

A continuación se expone un caso de uso de solución basada en servicios en la nube. Este, se explica a través del ejemplo de un proyecto real basado en obra civil donde se requería de una mayor optimización de los flujos de trabajo. Por tanto, el objetivo de esta sección no consiste en explicar la mejor solución para el caso concreto de este proyecto, sino más bien ilustrar las ventajas de un tipo de solución que pueda ser aplicable en otros proyectos.

Los datos de partida en este proyecto eran un trazado en planta y un listado de datos de altimetría que debían ser usados como base para la creación de un diseño donde se mostrase la disposición de los tubos de una red de suministro de agua. Esta disposición en el diseño tenía que ser materializada de acuerdo al trazado facilitado y considerando una serie de restricciones previamente establecidas: longitud máxima de los tubos (en este caso 12 metros); existencia de codos en puntos concretos del trazado; y colocación de nuevos codos en caso de que el encuentro entre tubos diera lugar a ángulos que superasen el límite admisible. La definición del trazado fue realizada en una herramienta desde la que se exportó la información a un archivo de CAD (.dwg) en el que por un lado se incluía el trazado (en planta) en formato polilínea 2D, y por el otro los datos de altimetría con los puntos correspondientes al despiece cada cinco metros. La elección de esta forma de exportar los datos siguió criterios más relacionados con los estándares habituales, y cuyo protocolo fue establecido por contrato en el inicio del proyecto, que con los requerimientos de los agentes que debían hacer uso de la misma.

Este hecho originaba una complejidad en el intercambio de datos cada vez que el agente correspondiente, en este caso un constructor, realizaba modificaciones sobre el trazado —a través de su programa CAD— que luego eran enviadas al agente encargado del desarrollo del modelado BIM, en este caso un fabricante. Esta operación suponía cada vez invertir tiempo en llevar a cabo la actualización del modelo final, una tarea tediosa y propensa a errores. Esta situación llevó a la necesidad de plantear soluciones dirigidas a intentar automatizar este proceso, donde los elementos, en este caso tubos, aparecieran convenientemente despiezados según criterios de fabricación (longitud máxima, radio de codos, tolerancias, etc.).

4.1. FLUX.IO, servicio web de intercambio de datos en la nube

Para mejorar el proceso de modelado en el caso descrito, se propuso una solución basada en compartir datos en la nube. Esta solución presentaba la ventaja, además, de que otros agentes del proyecto, por ejemplo un jefe de obra, podían ser capaces de consultar, o

incluso modificar, el contenido de la información de forma independiente a la herramienta de modelado BIM utilizada para su creación.

En este caso, la solución escogida fue FLUX.IO [12], un servicio basado en la web que permite intercambiar datos entre aplicaciones de diseño como por ejemplo Grasshopper (plataforma de programación visual para Rhino), Dynamo (plataforma de programación visual para Revit), y otras como Excel, vía plugins. Su característica de plataforma multiusuario en la nube para el intercambio de datos supone una alternativa a muchos de los problemas que aparecen al llevar a cabo este intercambio a través de una transferencia manual de archivos, la posterior conversión de datos, etc.

FLUX.IO permite gestionar el acceso a distintos usuarios en un proyecto para compartir datos. Cada usuario puede trabajar de manera aislada en su tarea y luego actualizar el resultado en la base de datos compartida con el resto del equipo. De esta forma, los cambios reflejados en los datos compartidos pueden ser accedidos por parte de otros miembros del proyecto. Con todo esto, el usuario queda liberado de la carga que supone el intercambio y conversión de datos entre herramientas, pudiéndose centrar en lo que realmente importa: el diseño.

Para el caso del ejemplo, se plantearon dos flujos de intercambio de datos a través de FLUX.IO (fig. 4). Por un lado, la información de trazados en 2D era importada en el programa Rhino para luego ser exportada a FLUX.IO a través del plugin de Grasshopper, mientras que por el otro, el listado de datos de altimetría era importado al programa Excel para luego ser exportado a FLUX.IO. Una vez allí, ambos tipos de información podían ser consultados desde diferentes herramientas, por ejemplo, desde Revit a través de scripts generados con la herramienta Dynamo.

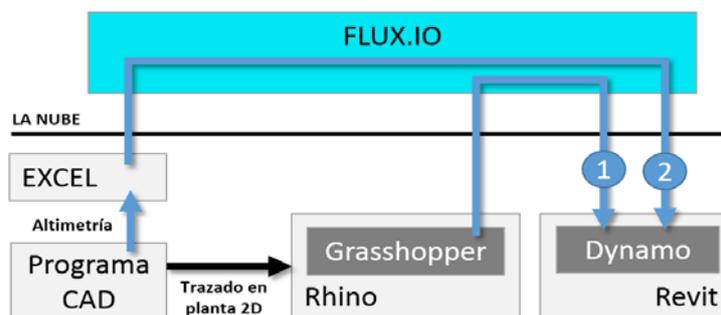


Fig 4. Flujo de intercambio de datos a través de FLUX.IO para el caso expuesto. 2016. Fuente propia.

4.2. Selección y gestión de datos para la automatización del modelado

Una vez depositada la información en la base de datos del servidor de FLUX.IO, y gracias al servicio de visualización y gestión de los datos de la plataforma, se pudo manipular la información de forma sencilla para discretizar y seleccionar la información necesaria para llevar a cabo el proceso de modelado de los tubos en Revit. Para ello FLUX.IO dispone de un entorno de programación visual (fig. 5).

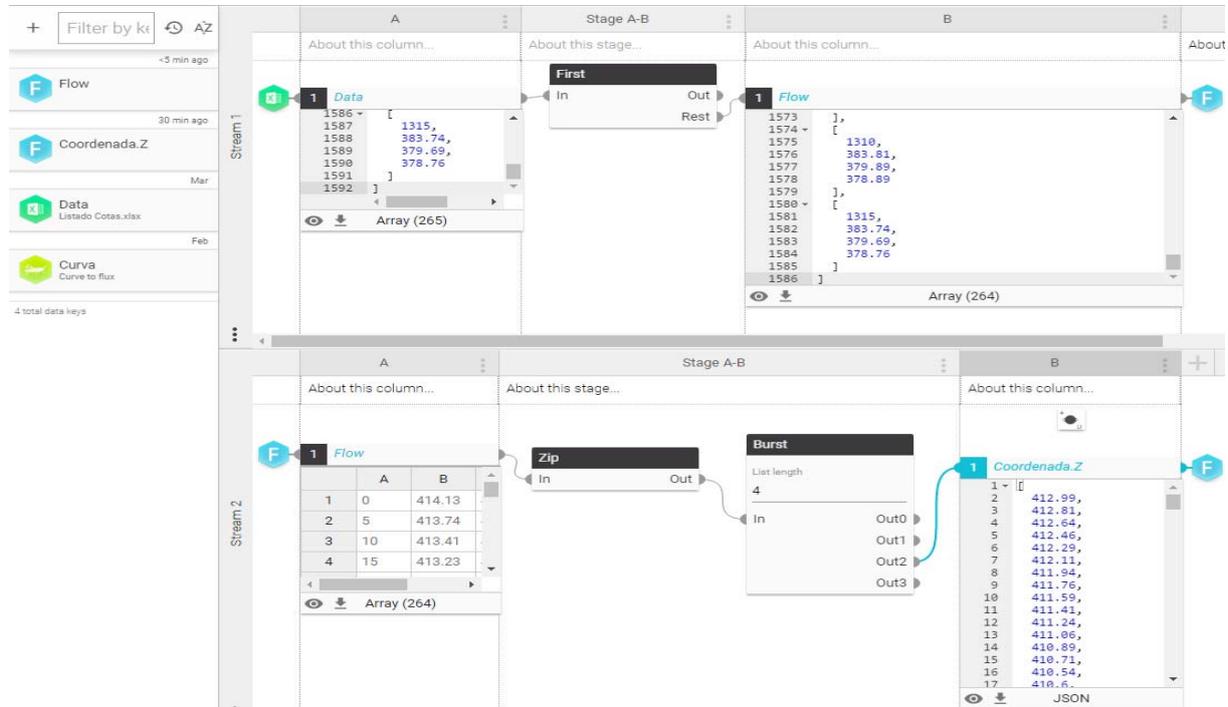


Fig 5. Interfaz de gestión de datos en FLUX.IO. En la figura se muestran los datos integrados del fichero Excel en la plataforma. 2016. Fuente propia.

Una vez dentro de Revit, una solución programada a través del complemento Dynamo (fig. 6) fue desarrollada para que a partir de los datos obtenidos de FLUX.IO, por un lado, y los criterios de fabricación aportados por el cliente, por el otro, Revit fuera capaz de actualizar las modificaciones en el modelo de forma automática, independientemente de cómo los datos habían sido generados en los respectivos programas de origen. De esta forma, desde el momento en el que los datos son modificados en las herramientas de origen, y actualizados en FLUX.IO, estos pueden ser consultados de forma inmediata, permitiendo así actualizar el modelo final.

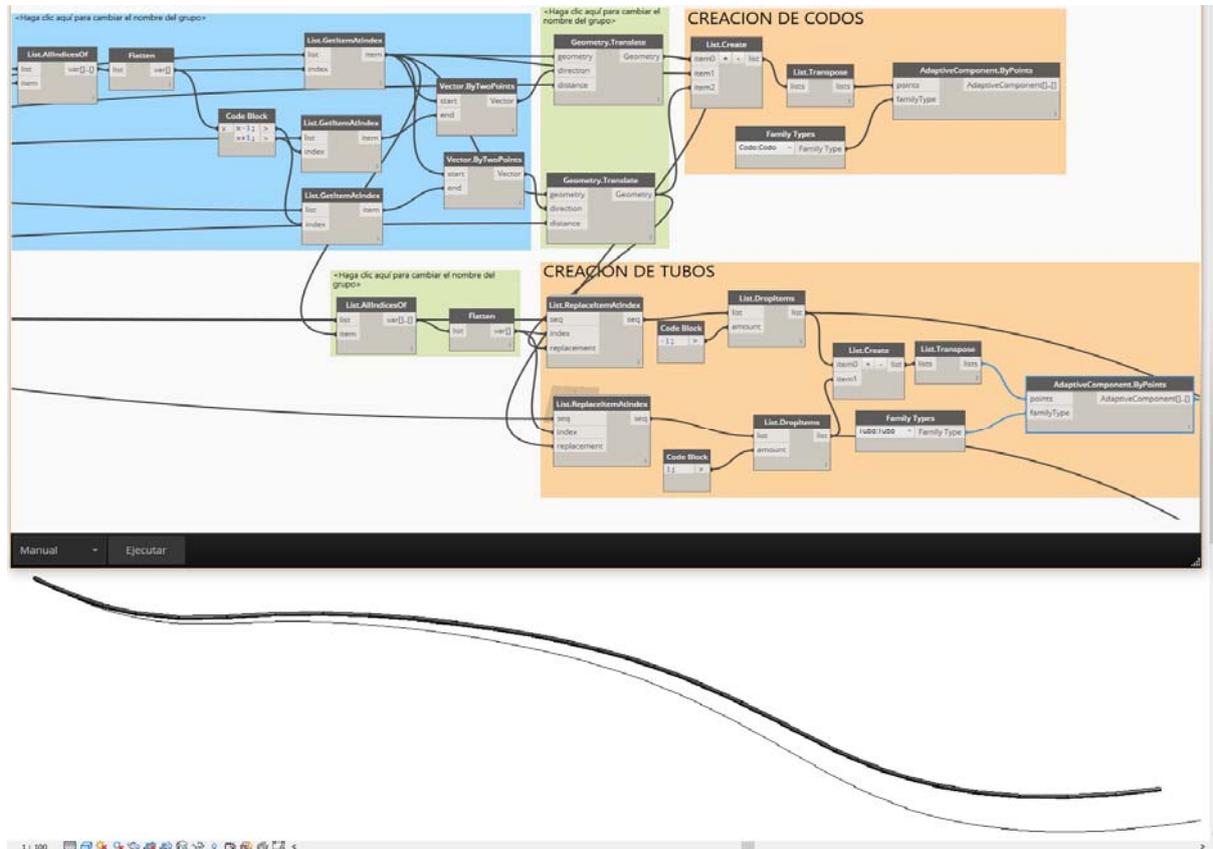


Fig 6. Script de Dynamo (parte correspondiente a la generación de los tubos y codos) y visualización del modelado resultante en Revit. 2016. Fuente propia.

La ejecución del algoritmo programado en Dynamo se divide en dos partes. La primera se encarga de generar un trazado creando puntos cada cinco metros a través del método 'Sección Progresiva'. Éste mismo método permite proyectar los puntos sobre el eje 'z', en este caso a partir de los datos de altimetría obtenidos del 'DataKey': Coordenada.Z. La segunda parte se encarga de automatizar el proceso de modelado de los tubos, teniendo en cuenta los criterios de fabricación. Estos plantean dos limitaciones: 1. La longitud máxima del tubo, y 2. El ángulo máximo en el que dos tubos deberían poder ser conectados. Aquellos casos en los cuales se superase el ángulo máximo, implicaría tener que fabricar codos a medida con el correspondiente coste asociado. Al procesar un codo, el algoritmo es capaz de recalcular la longitud de los tubos, ya que esta se reduce un porcentaje a medida que el ángulo aumenta. Finalmente, mediante el uso de familias de Revit de la categoría 'componente adaptativo', se genera el modelo del trazado, incluidas cada una de las piezas singulares. De este modelo resultante se puede extraer diferente tipo de información, como por ejemplo, la longitud de cada uno de los tramos, las coordenadas de sus extremos, o el ángulo de los codos.

Este script de Dynamo fue desarrollado a través del lenguaje de programación 'Design Script', usando los componentes que ofrece por defecto en su versión 0.9.1., excepto



'List.ReplaceltemAtIndex', un componente que fue obtenido del paquete desarrollado por Andreas Dieckmann denominado 'ClockWork'.

5 CONCLUSIONES

En este artículo se han presentado dos enfoques distintos para tratar de superar parte de los problemas derivados de la falta de interoperabilidad y la obtención de una mayor eficiencia en el modelado BIM, desde dos perspectivas totalmente diferentes, aunque relacionadas de alguna manera con el uso de datos compartidos a través de la Web. Por un lado, se han analizado las posibilidades de la aplicación de las tecnologías de la web semántica para el desarrollo de soluciones, las cuales presentan un futuro prometedor a largo plazo, puesto que actualmente su éxito depende en parte de la implicación de los proveedores de datos y los desarrolladores de software para el BIM. Mientras que por el otro, se han analizado las capacidades de las soluciones basadas en la nube como alternativa para la mejora de los del flujo de intercambio de datos, las cuales presentan un enorme potencial para permitir una gestión más flexible del BIM.

Una de las principales conclusiones que se pueden extraer del análisis llevado a cabo en este artículo, desde el punto de vista de la gestión de la información del BIM, es que la posibilidad de ofrecer un acceso más flexible a sus datos, fuera del ámbito de las grandes herramientas de modelado donde suelen ser mayormente generados, puede suponer un avance hacia la optimización de los flujos de información para aquellas operaciones en donde los agentes que aportan y necesitan extraer información de forma puntual, no tienen por qué hacerlo a través de estas herramientas, así como tampoco tener que lidiar con los problemas de interoperabilidad.

Las cuestiones discutidas en este artículo tienen como objetivo fomentar el debate entre el conjunto de profesionales del sector de la construcción acerca de cómo llegar a obtener una mayor eficiencia en los usos del BIM.

6 AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría dar las gracias a Miquel Rodríguez Niedenführ, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos en STATIC Ingeniería, por haber colaborado en la revisión de este artículo.

7 REFERENCIAS

- [1] Beetz, J. (2009). *Facilitating distributed collaboration in the AEC/FM sector using Semantic Web Technologies*, Doctoral dissertation, PhD Thesis, Eindhoven University of Technology.
- [2] Liebich, T., Adachi, Y., Forester, J., Hyvarinen, J., Richter, S., Chipman, T., Weise, M. & Wix, J. (2015). Industry Foundation Classes IFC4 official release. Disponible en:



- [2] Liebich, T., Adachi, Y., Forester, J., Hyvarinen, J., Richter, S., Chipman, T., Weise, M. & Wix, J. (2015). Industry Foundation Classes IFC4 official release. Disponible en: <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases/ifc4-release/ifc4-release-summary>
- [3] Pauwels, P. (2014). Supporting decision-making in the building life-cycle using linked building data. *Buildings*, 4(3), 549-579.
- [4] Brickley, D., & Guha, R. V. (2004). RDF vocabulary description language 1.0: RDF schema. <http://www.w3.org/TR/rdf-schema>
- [5] McGuinness, D. L., & Van Harmelen, F. (2004). OWL web ontology language overview. *W3C recommendation*, 10(10), 2004. <http://www.w3.org/TR/owl-features/>
- [6] Prud'Hommeaux, E., & Seaborne, A. (2008). SPARQL query language for RDF. *W3C recommendation*, 15.
- [7] Schmachtenberg, M., Bizer, C., Jentzsch, A., & Cyganiak, R. (2014). Linking Open Data cloud diagram 2014. Disponible en: <http://lod-cloud.net/>
- [8] Costa, G., & Madrazo, L. (2014). An information system architecture to create building components catalogues using semantic technologies. In *Proceedings of the 10th European Conference on Product & Process Modeling* (pp. 551-558).
- [9] Costa, G., & Pauwels, P. (2015). Building product suggestions for a BIM model based on rule sets and a semantic reasoning engine. In *32rd international CIB W78 conference* (pp. 98-107).
- [10] Pauwels, P., & Terkaj, W. (2016). EXPRESS to OWL for construction industry: towards a recommendable and usable ifcOWL ontology. *Automation in Construction*, 63, 100-133.
- [11] Costa, G., Jardí, A., Valderrama, J. (2015). Mejoras para la automatización de procesos en la importación de modelos en IFC. *Spanish Journal of BIM*, 15-02, 10-18. Disponible en: <http://www.buildingsmart.es/app/download/11489969626/sjbim+1502.pdf>
- [12] Flux.io. Flux Factory, Inc., San Francisco, USA. (2015). <https://flux.io>



APLICACIONES DE LA REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA EN EL TEATRO ROMANO DE SAGUNTO (VALENCIA, ESPAÑA)

Cos-Gayon López, Fernando (1), Cordón Llácer, Joan (2), Anquela Julián, Ana Belén (3), Bonet Edesa, Jesus Antonio (4)

- (1) Arquitecto Técnico y Arquitecto. Profesor Titular Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación. Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universitat Politècnica de València, fcosgay@csa.upv.es
- (2) Arquitecto, joacorll@arq.upv.es
- (3) Dra. Ingeniera en Geodesia, Cartografía y Sistemas de Información Geográfica. Profesora Titular. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica, Universitat Politècnica de València, anquela@cgf.upv.es
- (4) Ingeniero Técnico en Topografía. Ingeniero en Geodesia y Cartografía, Market Segment Manager Leica Geosystems, Jesus.Bonet@leica-geosystems.com

RESUMEN

La evolución de la metodología BIM está posibilitando que la información del modelo sea cada vez mayor, introduciéndonos en el campo de la realidad virtual. Esta comunicación versa sobre los flujos de trabajo precisos para que, desde la toma de datos de la realidad física, podamos obtener un modelo que permita al usuario interactuar con él, solicitando información de partes del mismo.

En colaboración con la Dirección General de Cultura y Patrimonio de la Generalitat Valenciana, se está desarrollando en el Teatro Romano de Sagunto la implementación de realidad virtual mediante plataformas HMD en Smartphone. Se pretende obtener una aplicación mediante la cual se visitará virtualmente el edificio, decidiendo el recorrido a seguir, hacia dónde enfocar la visión o consultar características de diferentes objetos. El software experimentado para la aplicación es utilizado para el desarrollo de videojuegos.

Por otro lado, se posibilitará el uso científico de los datos obtenidos, con software Truview™ de Leica®. Esto reforzará el estudio arqueológico y arquitectónico del monumento y la gestión del patrimonio mediante su catalogación virtual.

Se expondrá la toma de datos con Escáner Láser, Fotografía, su tratamiento mediante software específico y los flujos de trabajo necesarios para navegación desde Smartphone.

Palabras clave: BIM, Inmersiva, Truview, Unreal, Virtual.

ABSTRACT

BIM evolution is growing model information, introducing it into virtual reality. This communication is about the concret workflows, from the data collection to the final interactive model, on which a user can request information of any part.

This work is being developed in collaboration with the Dirección General de Cultura y Patrimonio de la Generalitat Valenciana, the case study is the Roman Theatre of Sagunto, where a virtual reality using HMD Smartphone platforms is under development. The main



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

objective is the development of an application for virtual tours in the theatre, where the decision of the way forward, where to focus vision, or features queries about different objects are taken by the user. The expertise software used in the application development is also used for video games development.

Besides, Leica software Truview© enables the scientific use of the data, reinforcing the archaeological and architectural study of the monument and the management of its heritage through virtual cataloging.

Data collection using laser scanner and photography, software treatment and the workflows to obtain a navigable application using a Smartphone will be discussed.

Keywords: *BIM, Immersive, Truview, Unreal, Virtual.*

1 INTRODUCCIÓN

Desde hace algunos años, gracias a determinadas aplicaciones, es posible efectuar recorridos virtuales por carretera, movernos por las calles de una ciudad, contemplar sus monumentos y, profundizando más, contemplar obras de arte en museos con un nivel de detalle imposible de percibir en la visita real.

La irrupción de la visión estereoscópica mediante dispositivos VR ha supuesto que estas experiencias pasen a otro nivel, permitiendo situarnos “dentro” de la escena. En el canal de videos YouTube™ ya existe la opción para su visualización, de modo que es posible situarnos junto a Paul McCartney [1] en el escenario, en uno de sus conciertos, o visitar el British Museum en Londres.

El paso siguiente es ir más allá de que nos muestren la escena o el recorrido, es decir, tener la posibilidad de entrar en el modelo e interactuar con él. Este es un salto cualitativo, pues conlleva la manipulación del modelo [2]. Y esto obliga, en primer lugar, a “capturar” la realidad. A partir de la toma de datos utilizando dispositivos de Escáner Laser se obtiene una nube de puntos que, mediante diferentes aplicaciones específicas, se editará para poder obtener un entorno virtual navegable por el usuario.

En esta comunicación exponemos el flujo de trabajo necesario, así como la metodología utilizada para conseguir llegar desde la captura de datos de la realidad física a la inmersión en el modelo 3D virtual [3]. Con ello, se pretende obtener una aplicación mediante la cual el usuario podrá visitar virtualmente el edificio tratado, pudiendo decidir el recorrido a seguir, hacia dónde enfocar su visión y pudiendo interactuar de diversas formas con los objetos de va encontrando, y todo ello en tres dimensiones.

Hemos seleccionado el **Teatro Romano de Sagunto** para este proyecto de investigación por tratarse de un edificio con evidente interés arquitectónico y cultural, potenciado por las partes museísticas del mismo. Por ello, el modelo final tendrá la virtud de poder contemplar



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

su arquitectura y también las obras y restos arqueológicos que alberga, con una ficha específica asociada que describa cada una de ellas [4].

La amplitud de la investigación sobre esta edificación se está completando con estudios de georrádar, a fin de integrar en el modelo 3D mayor valor y detalle. La Universidad Politécnica participa en este proyecto con el Departamento de Construcciones Arquitectónicas, el Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría, la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación y la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica.

Queremos agradecer expresamente a la Dirección General de Cultura y Patrimonio de la Generalitat Valenciana y al Museo Arqueológico de Sagunto el apoyo en este Proyecto y la total libertad para la realización de los trabajos de campo y la toma de datos.

2 OBJETIVOS

Como hemos apuntado, son varios los retos a superar para conseguir un modelo navegable mediante realidad virtual. Serán, en sí mismos, objetivos de este proyecto:

- Flujo de trabajo. Se trata de establecer un proceso de trabajo completo desde la realidad física a la virtual.
- Identificación de software. Seleccionar tanto las aplicaciones a utilizar como el software necesario para hacer compatibles los ficheros resultantes.
- Generar modelo 3D navegable mediante realidad virtual.
- Crear las aplicaciones para su utilización desde ordenadores o dispositivos móviles.
- Conseguir que las aplicaciones móviles sean inmersivas.

3 METODOLOGÍA

Uno de los objetivos de este proyecto de investigación es, en sí mismo, desbrozar el camino, trazar un sendero en estos momentos confusos con múltiples plataformas, *plugins* y opciones, para establecer un flujo de trabajo concreto. Por tanto, la intención de la metodología empleada es práctica, pues ya otros han abordado los conceptos de Game Engine y realidad virtual anteriormente [5], pero no se ha llevado a cabo un prototipo de forma empírica, ni se han estudiado los problemas que le pudieran surgir al usuario BIM del sector de la Arquitectura y la Construcción con este tipo de herramientas.

Así pues, la metodología utilizada se desarrollará de la siguiente manera:

Estableceremos tres grandes capítulos como base del trabajo: Modelado BIM, Game Engine y Realidad Virtual. En cada uno de ellos se ha realizado un estado de la cuestión y se han analizado los conocimientos teóricos básicos.

Posteriormente, se ha desarrollado al final de cada uno de los apartados un caso práctico sobre el cual podemos observar las ventajas e inconvenientes del flujo de trabajo planteado, así como de las herramientas utilizadas. La elección del Teatro Romano de Sagunto, como se ha avanzado, se debe a que cumple las siguientes características físicas y técnicas:

- Relevancia histórica: Permitirá ensayar ciertas modificaciones sobre él sin que resulte dañado y además, el producto final podría utilizarse para otros fines culturales.
- Uso determinado: Necesidad de contenido de instalaciones y mobiliario.
- Dimensiones abordables: El tamaño no puede ser excesivamente grande dada la extensión del trabajo pero debe contener una cierta cantidad de estancias para poder ser recorrido.
- Sencillez constructiva: Evita complejidades innecesarias que dificultan el trabajo principal.



Fig. 1. Teatro Romano de Sagunto. 2015. Elaboración propia

4 FLUJO DE TRABAJO

En octubre de 2015 se inicia el proyecto de investigación en colaboración con la Generalitat Valenciana y el Museo Arqueológico de Sagunto, con toma de datos mediante Escáner láser Leica® P40. La intervención de la empresa Leica® en el proyecto supera con mucho la cesión del material necesario, pasando a ser parte inherente del equipo de trabajo, aportando su conocimiento y experiencia en este tipo de trabajos singulares.

Se hace una planificación de recorridos y estaciones necesarias para recabar toda la información precisa, y se establecen 54 estacionamientos. Además, para complementar las nubes de puntos, Leica® aporta su Cámara Panorámica iStar™. Utilizando el mismo posicionamiento, se sustituye el Escáner Láser por la cámara sobre el mismo trípode. Esta novedad introducida nos ha deparado una sorpresa no prevista en los objetivos del trabajo, que es la aplicación TruView™, que se detallará posteriormente.

Una vez terminado el escaneado, se procede al cosido de las nubes de puntos mediante el software Cyclone™ de Leica® generando el fichero .pts. Es una tarea delicada, por cuanto

BIM International Conference

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016

un error puede ser difícil de detectar (recordemos que estamos con más de cincuenta nubes). Así pues, nos aseguraremos en varias vistas de que todo está en orden.



Fig 2. Nubes de puntos del Teatro Romano tratada con Cyclone™ de Leica®. 2016. Elaboración propia

Hasta aquí lo que hemos conseguido es “capturar” la realidad física. La cuestión es qué hacer con ella. Y tenemos varias opciones: Trabajar sobre las imágenes obtenidas o modelar en 3D con herramientas BIM. Dada la trascendencia y orientación del proyecto, es preciso combinar el realismo con la rigurosidad métrica, así como dejar preparado un modelo que sea totalmente compatible con otras herramientas BIM. Por todo ello, procesamos, importamos y limpiamos el fichero **.pts** con el software Autodesk® Recap™, generando un fichero **.rcp**.

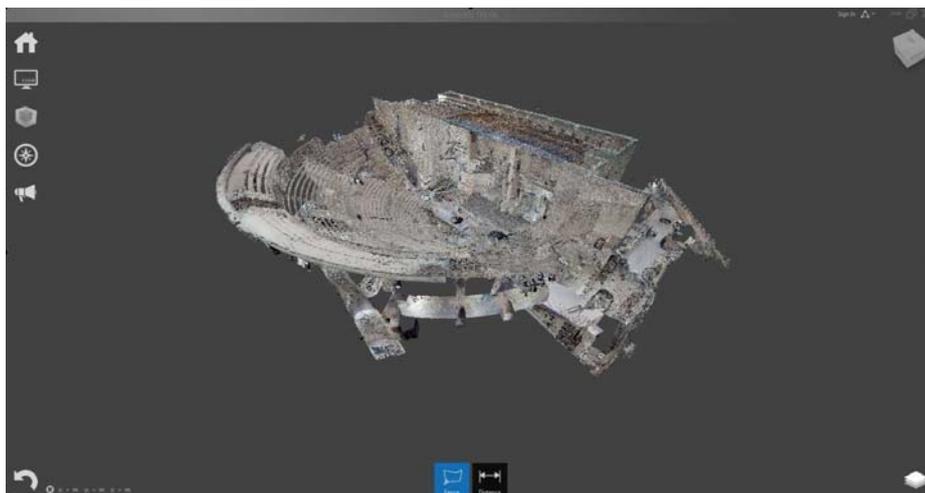


Fig. 3. Procesado de nube de puntos con Recap™ de Autodesk®. Se observan bajo las gradas los túneles y vomitorios de acceso y evacuación del público. Elaboración propia

Así, ya podemos importar desde Autodesk® Revit™, generando el modelo BIM 3D a partir de la nube de puntos. Para ello utilizamos esta nube de puntos como plantilla, creando los niveles y secciones necesarias. Dada la densidad de los puntos, la precisión del modelo es alta, con un error estimado de ± 15 mm.

BIM International Conference

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016

Basándonos en la tipología de edificio, se toma la decisión de crear el modelo en dos fases, una primera en la que las formas irregulares, como las gradas originales, se simplifican para, en una segunda, trabajar estos elementos con mallas.

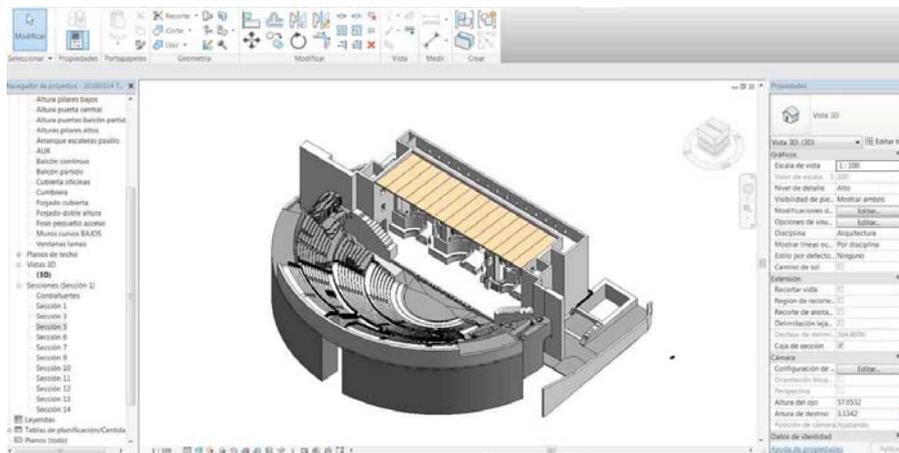


Fig. 4. Modelado 1ª Fase en Autodesk® Revit™. 2016. Elaboración propia

Pero el interés del proyecto precisa avanzar definiendo este flujo, y es por ello que con la primera fase concluida se procede a exportar el modelo mediante fichero **.fbx**. Y, llegados a este punto, se requiere un Software puente, eligiendo para ello Autodesk® 3ds Max™ o Blender® donde importa el fichero **.fbx** para preparar el modelo y poder ser utilizado en el game engine sin que se produzcan errores en las texturas y la iluminación:

- a) Convertir materiales de Revit™ en materiales estándar.
- b) Modificador *Unwrap* de los objetos del modelo.

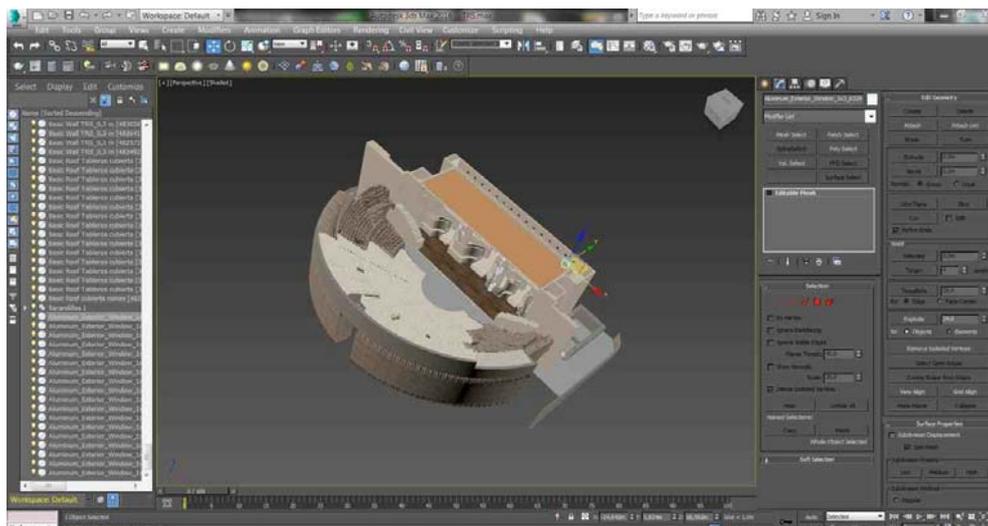


Fig. 5. Modelado en Autodesk® 3ds Max™. 2016. Elaboración propia

Con estos ajustes, se vuelve a Exportar como fichero **.fbx**.

Ahora tenemos el modelo preparado para trabajar con un *game engine*. El motor de videojuegos será el que nos permitirá hacerlo “jugable”, en términos coloquiales. Debemos ser precavidos en este punto, pues la interfaz resultante debe ser de una sencillez extrema,



para no precisar del usuario ningún conocimiento previo, deberá ser absolutamente intuitivo [6].

Tras evaluar diferentes opciones, nos quedamos con Unity® y Unreal Engine 4®, eligiendo este último por aportar un motor de renderizado de elevadas prestaciones, lo que aporta una calidad muy alta; por ser totalmente gratuito, pagando sólo royalties por los beneficios del videojuego a partir de una determinada cifra; y por su facilidad a la hora de trabajar con comandos de programación de forma muy visual gracias a los blueprints. Todas estas características son de gran interés para usuarios de Arquitectura y Construcción.

Por tanto, desde Unreal Engine 4® se importa el fichero **.fbx**, bien todo unido, o bien cada objeto como malla independiente, y comenzamos la programación, con las acciones siguientes:

- a) Aplicar texturas e iluminación, con mapas difuso y normal principalmente para las texturas; y luces ambientales, direccionales y volumétricas en las partes necesarias del proyecto, hasta conseguir el realismo deseado.
- b) Generar la interactividad del modelo mediante el uso de *blueprints* que programan las diferentes actividades a realizar como, modificar materiales, obtener información de los elementos del entorno, mover objetos o hacer inmersiva la experiencia entre muchas otras.
- c) Realizar interfaz de usuario. Debe ser relativamente sencilla, intuitiva y fácil de usar, pudiendo contener tantas variables como deseemos, como los botones de inicio, salir u opciones. Parece algo de poca importancia, pero se debe poder entrar y salir de la aplicación de una forma cómoda.
- d) Empaquetar para visualizar. En función de la plataforma de destino, utilizaremos o bien la plantilla para PC o bien la plantilla para móvil/tableta al crear el proyecto, y una vez realizadas la tareas anteriores, se empaquetará todo en un único archivo para su posterior uso.

Con esto, ya tendremos preparado nuestro modelo para poder experimentar la realidad virtual desde dispositivos móviles. Para que su uso sea además inmersivo, necesitaremos un *kit* adicional que disponga de: Un dispositivo HMD (*Head Mounted Display*) que transforme nuestro Smartphone en un visor de realidad virtual, como puedan ser las Google Cardboard™, y un control remoto que se comunique con nuestro Smartphone por bluetooth u otra conectividad similar de forma que toda esa *jugabilidad* e interactividad previamente programada pueda estar al alcance del usuario.

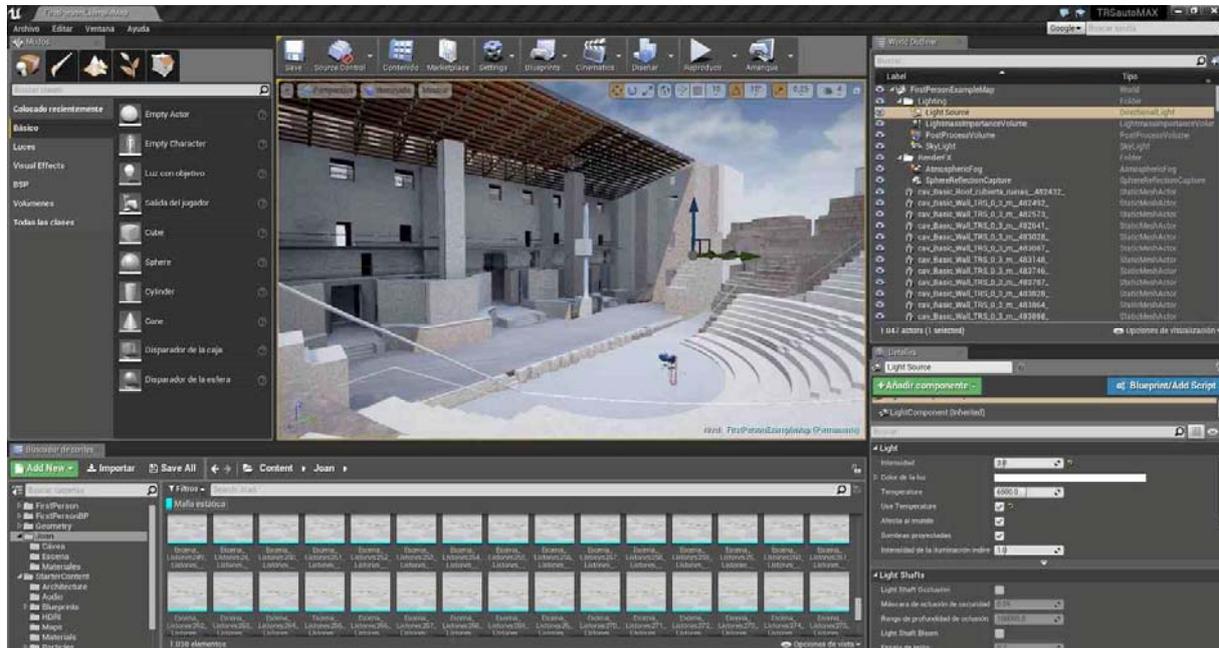


Fig. 6. Procesado y programación en Unreal Engine 4[®]. 2016. Elaboración propia

A modo de esquema, la imagen siguiente nos muestra el Flujo de Trabajo seguido y descrito anteriormente:

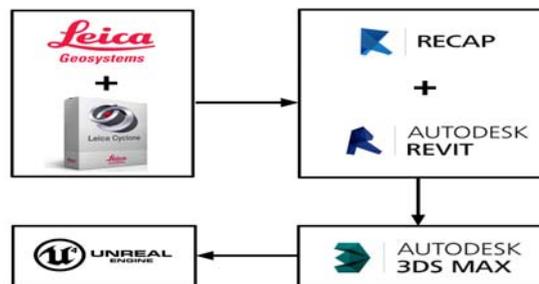


Fig. 7. Flujo de trabajo datos realidad física a modelo 3D VR. 2016. Elaboración propia

5 RESULTADOS

En esta fase del proyecto de investigación, ya se dispone de la aplicación básica para PC, así como su versión para Smartphone. En las imágenes siguientes vemos la pantalla de inicio (Fig. 9), captura de pantalla en un recorrido (Fig. 10) y, finalmente, la pantalla del Smartphone con la aplicación funcionando, donde podemos observar los mandos virtuales para el movimiento (Fig. 11). También se aporta código QR para acceder a un video con una demo de la aplicación (Fig. 12).

BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*



Fig. 9. Pantalla inicio de la aplicación. 2016. Elaboración propia



Fig. 10. Captura de pantalla en uno de los recorridos virtuales. 2016. Elaboración propia



Fig. 11. Aplicación manejada desde Smartphone. 2016. Elaboración propia



Fig. 12. Código QR enlace a video con una demo de la aplicación. 2016. Elaboración propia

Además de los resultados previstos en el proyecto de investigación, como se anticipaba al inicio, la introducción de la Cámara Panorámica iStar™ de Leica® nos ha aportado una información añadida muy interesante desde el punto de vista arquitectónico y arqueológico. La captura de imágenes por este dispositivo viene a complementar la nube de puntos, pero va más allá, pues mediante el software TruView™ genera imágenes 360º en cada uno de los posicionamientos, pudiendo obtener información directamente, tal como medición, geolocalización o identificación de elementos.

Dada la línea de investigación vinculada al proyecto, este aporte es especialmente útil para ajustar el modelo métricamente, permitiendo un acceso sencillo a investigadores e interesados en el Teatro Romano.

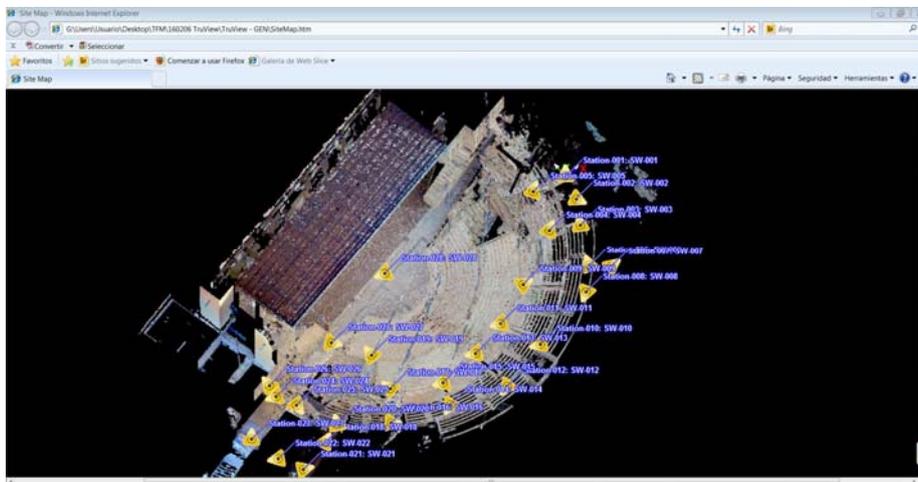


Fig. 13. Posicionamientos de Escáner Láser & cámara panorámica iStar™ sobre la nube de puntos. 2016. Elaboración propia



Fig. 14. Medición de precisión, Geolocalización y detalle de elementos sobre aplicación TruView™ de Leica®. 2016. Elaboración propia



6 CONCLUSIONES

Con varios objetivos ambiciosos, las conclusiones a las que hemos llegado son las siguientes:

- APLICACIONES FUTURAS.- El uso de HMD para realidad virtual abre unas posibilidades a la implantación de BIM importantísimas, pues introduce al observación en el modelo, permitiendo una mayor comprensión de elementos complejos, encuentros entre distintas instalaciones, mantenimiento o toma de decisiones, de una manera absolutamente inmersiva.
- SOFTWARE PUENTE.- Las herramientas BIM y su enfoque hacia la Realidad Virtual Inmersiva tienen todavía un recorrido que transitar hasta la total compatibilidad. Es algo que no ocurre solo en la RV, sino que es la piedra de toque del sector, conseguir interoperabilidad entre aplicaciones diferentes. Ello provoca actualmente la necesidad de un tercer software puente donde, por ejemplo, modificar los materiales para que sean de tipo estándar, así como realizar la técnica del *unwrap* en cada objeto de la escena para evitar fallos en las texturas y la iluminación dentro del *game engine*; esto complica y alarga considerablemente el flujo de trabajo y puede encarecer, aunque no necesariamente, el proceso por la necesidad de adquirir ese tercer software puente.
- MODELADO ELEMENTOS ORGÁNICOS. Es realmente complejo realizar elementos orgánicos, tales como rocas o vegetación, de una calidad suficiente para que aporte un mayor grado de realismo a la escena. Esto es debido a que no son aplicaciones pensadas para ello; este problema se nos plantea en el Teatro a la hora de modelar las gradas originales, pues para conseguir el efecto deseado debemos apoyarnos en otras herramientas que generen mallas a través de la nube de puntos.
- COMPLEJIDAD USO GAME ENGINES. En cuanto al trabajo con software de Realidad Virtual, todavía son algo complejos para los técnicos dedicados a la edificación, debido a la necesidad de tener ciertos conocimientos de programación. Aun así, esta carencia puede ser suplida gracias a la multitud de tutoriales existentes en internet y a la sencillez que proporcionan los *blueprints* a la hora de gestionar la interactividad puesto que no hay que introducir una sola línea de programación.
- VARIEDAD DE OPCIONES. Las aplicaciones de la realidad virtual enfocadas a la construcción son muchas y variadas, la decisión de su uso dependerá del objetivo al que se quiera llegar, del tipo de público al que esté enfocado el producto final, y del tiempo y recursos que se disponga para su realización.
- INMERSIVIDAD. Para que la experiencia sea inmersiva necesitamos un *kit* adicional que nos lo permita. Esto es algo a tener en cuenta puesto que dar el salto a la inmersividad supone un esfuerzo adicional tanto para el desarrollador como para el usuario final, que puede no estar dispuesto a aceptar. Lo que sí es cierto, es que los dispositivos que permiten convertir nuestros smartphones en visores de realidad virtual son cada vez más asequibles y económicos, y por menos de 20€ hoy se puede disponer de un HMD y un control remoto por bluetooth.



7 REFERENCIAS

- [1] Paul McCartney Google Cardboard Jaunt VR demo. (2014). <https://www.youtube.com/watch?v=twotV1gntbQ>
- [2] Serrano, Berenice; Botella, Cristina; Baños, Rosa María (2012). Realidad virtual y virtualidad aumentada. Usos y aplicaciones para inducir emociones. Editorial Académica Española. Saarbrücken. ISBN 978-3-659-01514-4.
- [3] Hardin, Brad (2009). BIM and Construction Management. Proven tools, methods and workflows. Editorial Sybex, an imprint of Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana. ISBN 978-0-470-40235-1.
- [4] Otero, Antonio; Flores, Julián. (2011). Realidad Virtual. Un medio de comunicación de contenidos. Iconos 14 [en línea]. Julio 2011, Año 9 Vol. 2, p. 185-211, ISSN 1697-8293. [Fecha de consulta: 15 Octubre 2015].
<<http://www.icono14.net/ojs/index.php/icono14/article/view/28/41>>.
- [5] Rawn, Evan. (2015) Imágenes irreales: pros y contras de renderizar con software de videojuegos (Unreal Visualizations: 3 Pros and 3 Cons of Rendering with a Video Game Engine). 12 Abril 2015, Plataforma Arquitectura. (Trad. Natalia Yunis) [Fecha de consulta: 28 Diciembre 2015].
<<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/765249/imagenes-irreales-pros-y-contras-de-renderizar-con-software-de-videojuegos>>
- [6] Thormählen, Thorsten; Hasler, Nils; Wand, Michael, Seidel, Hans-Peter. (2010). Registration of Sub-Sequence and Multi-Camera Reconstructions for Camera Motion Estimation. JVRB - Journal of Virtual Reality and Broadcasting, Volume 7 [en línea]. Julio 2010, N°2, ISSN 1860-2037. <<http://www.jvr.org/past-issues/7.2010/2437>>



OPEN BIM EN INFRAESTRUCTURAS AS-BUILT: LA GESTIÓN DE ACTIVOS CON SOFTWARE OPEN SOURCE A PARTIR DEL MODELO IFC

Rodríguez-Castells, Raúl Lluís (1), Martín-Dorta, Norena (2), González de Chaves Assef, Paula (3)

- (1) Doctorado en Ingeniería Industrial, Informática y Medioambiental, Universidad de La Laguna, raulcastells@gmail.com
- (2) Dpto. de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura, Universidad de La Laguna, nmartin@ull.edu.es.
- (3) Doctorado en Física e Ingeniería, Universidad de La Laguna paulagcha@gmail.com

RESUMEN

Los Modelos de Información de Edificios (BIM) se están consolidando como una apuesta segura en la industria de la construcción por las ventajas y beneficios que reportan, sin embargo, se presta menor atención a la fase operativa del inmueble. Este trabajo tiene por objeto abordar un estudio piloto de las operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo sobre un edificio universitario. Se utilizó el modelo IFC del inmueble, que es interpretado por un software open source y que permite la identificación y creación de equipos y de los parámetros asociados. Se elaboró una taxonomía para el mantenimiento del edificio que permitió un enfoque formal para la captura de conocimiento. El software puede ayudar a los equipos de mantenimiento a utilizar la experiencia previa y a trazar el historial completo de todos los elementos afectados por las operaciones de mantenimiento. Se concluye que los sistemas basados en la integración de la información procedente de un sistema BIM y de un procedimiento de gestión de contenido empresarial (ECM), pueden proporcionar un sistema de información avanzado y permite transformar el "modelado de información del edificio" en el "modelado del conocimiento del edificio".

Palabras clave: BIM, Building Information Modeling, Facility Management.

ABSTRACT

The Building Information Models (BIM) are consolidating as a safe bet in the construction industry for the advantages and benefits that report, however, less attention to the operational phase of the property is provided. This paper aims to address a pilot study of preventive and corrective maintenance on a university building. The building IFC model was used, which was interpreted by an open source software that allows the identification and creation of equipment and associated parameters. A taxonomy for building maintenance was developed, that allowed a formal approach to knowledge capture. The software can help maintenance teams to use previous experience and trace the complete history of all elements affected by maintenance operations. It is concluded that systems based on the integration of information from a BIM model and a procedure of Enterprise Content Management (ECM), can provide an advanced information system and allows to transform "building information modeling" in "building knowledge modeling".



Keywords: *BIM, Building Information Modeling, Facility Management.*

1 INTRODUCCIÓN

La industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción (AEC) está inmersa en un proceso de renovación gracias a los nuevos avances en Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC's). En este punto aparecen los Modelos de Información de Edificios (BIM - Building Information Modeling) como una apuesta firme y de futuro. Constituyen una serie de procesos y herramientas destinadas a sistematizar los procesos de diseño, construcción y mantenimiento de las infraestructuras.

Las empresas buscan la forma de alcanzar ventajas competitivas en un contexto en el que las economías son cada vez más desafiantes y los mercados más competitivos [1]. De hecho, las cuestiones de interoperabilidad son de gran importancia en el sector del mantenimiento. Según un estudio realizado por la National Institute for Standards and Technology [2], los problemas en este ámbito ocasionan un coste de unos 16 millones de euros en Estados Unidos. Esto ha provocado que la General Service Administration (GSA), que se encarga de los edificios federales, desarrollara un estándar nacional.

A nivel internacional, la implantación de los entornos BIM está muy desarrollada. Países como Estados Unidos, Reino Unido, Australia, Singapur, Hong Kong y del norte y centro de Europa tienen publicados estándares y guías de estilo para abordar la implantación de esta metodología. Sin embargo, en España el nivel de implantación actualmente es muy escaso.

BIM es definida como las herramientas que se disponen para mejorar y renovar el ciclo de vida de la edificación. Presenta unas ventajas ya ampliamente conocidas y que algunos autores, como Eastman et al. [3], han enumerado. Durante todo este proceso, desde que se comienza a diseñar hasta que se construye y se va mantiene, diferentes agentes participan intercambiando información. Estos flujos de datos se han limitado históricamente a hojas de cálculo, documentos de texto y planos CAD [4]. Esta tecnología se complementaba con el uso de modelos 3D para el diseño y visualización de lo que se quiere construir o mantener [5]. Actualmente, BIM se está utilizando como una solución donde conectar este proceso de intercambio de información. En las últimas décadas se han comenzado a desarrollar sistemas integrados para el Facility Management (FM), tales como el trabajo de Underwood y Alshawi [6], que desarrollaron una aplicación para generar valoraciones de mantenimiento preventivo. Se trataba de un entorno web en donde un equipo multidisciplinar de profesionales podía consultar toda la información e intercambiar comentarios entre ellos. BIM no sólo está cambiando la forma en que se diseña y construye un edificio, sino también la forma en que se lleva a cabo el mantenimiento. Los edificios han pasado de ser un conjunto de estructuras y componentes a una combinación de sistemas de información que interactúan pasiva y activamente [7]. Se han desarrollado distintas aplicaciones centradas en múltiples aspectos como: análisis energético [8], mantenimiento [9], visualización [10] [11], estimación de costes [12], sostenibilidad [13] y diseño [14], entre otras.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

Por último, conviene resaltar la relevancia del valor de BIM para el mantenimiento, haciendo especial énfasis en la “I” de Información (Information). Esto implica además que, para conectar con el resto de sistemas y procesos, necesitamos hablar un lenguaje común. De hecho, todos los países cuando han necesitado tener toda la información unificada para que no se den distintas denominaciones a las cosas, han tomado siempre como primera decisión proponer un sistema de clasificación. Cada objeto o elemento debe quedar integrado en un solo lugar de la citada codificación [15]. Además, el principio director para elaborar estas clasificaciones debe ser siempre el considerar cómo de útil serán para la mayoría de los usuarios [16].

La ISO 12006-2 ha sido la que más influencia ha tenido en el desarrollo de los Sistemas. Esto se debe a que se busca cada vez más una mayor integración entre normas, con la finalidad de alejarse de sistemas que presentan limitaciones [17]. Es muy amplia en cuanto a su alcance, estableciendo un marco de tablas de clasificación de la información, pero en general no detalla una estructura. Su influencia más destacada, debido a la importancia de los mismos, es en el desarrollo de Uniclass en Europa y de Omniclass en América del Norte.

El presente trabajo pretende adentrarse dentro de la línea de investigación de gestión de activos, estudiando el proceso que requiere el proyecto desde que se crea el modelo hasta que se implementa en un entorno web, basado en un software open source.

2 METODOLOGÍA DE TRABAJO

El objetivo de este trabajo ha sido investigar cómo BIM puede soportar las necesidades de mantenimiento de los edificios. Para ello se ha utilizado como edificio piloto la sección de Arquitectura Técnica de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de la Universidad de La Laguna.

El flujo de trabajo que sigue la citada Institución para las operaciones de mantenimiento ordinarias consiste en la generación de un parte de mantenimiento por parte de los centros. Éste se procesa y, cuando necesitan información adicional, se extrae de los documentos existentes en la Oficina Técnica: planos CAD, documentación, etc.

Con la finalidad de mejorar los procesos de gestión del mantenimiento se crea un Modelo de Información de un Edificio Piloto, según el esquema de trabajo que se muestra en la Figura



Figura 1. Flujo de trabajo. 2016. Elaboración propia.

2.1 Fase 1: Elaboración del Modelo As-built

Se realiza la recogida de datos, visitando el inmueble y tomando la información necesaria de usos de los espacios, instalación eléctrica e instalación de protección contra incendios. Se tomaron datos de los niveles y se realizaron comprobaciones por medio de un distanciómetro láser Leica DISTO A6.

Se elaboró el modelo BIM con el software Revit de Autodesk (Figura 2), proyectándolo con un nivel de desarrollo LOD 200 [18]. Se consideró suficiente para realizar el estudio del levantamiento de las instalaciones, pues permite elaborar un primer análisis de mediciones y costos.



Figura 2. Vista 3D del modelo As-built. 2016. Elaboración propia.

2.2 Fase 2: Codificación de Espacios y Equipos

En la actualidad, Uniclass 2015 se alinea mejor a la norma ISO 12006-2, pero no lo hace de una forma perfecta, al igual que OmniClass. Aunque el sentir en general, como comenta Gelder [19], es que la ISO por sí misma no es perfecta, por lo que una mejor o peor alineación no debe tomarse como una crítica. Por ello, se ha tenido en cuenta, como factores determinantes a la hora de elegir un sistema u otro, la categorización y codificación. En Omniclass se pueden encontrar desde ocho a dos niveles de codificación como ocurre, por ejemplo, con los productos (products) y fases (phases), respectivamente. El tener tantos niveles genera una distribución incongruente. Además, el uso del "00" en la codificación no



necesariamente indica que se trate del comienzo de un grupo o subgrupo. Caso contrario ocurre en Uniclass 2015 con una distribución más uniforme, teniendo la mayoría de las tablas hasta 4 niveles.

En lo que concierne a la codificación, mencionar que se debe garantizar que todas las tablas permitan una conexión entre ellas con una terminología similar y grupos, para hacerla más practicable. Con esto se conseguiría, por ejemplo, que los elementos se adapten a los sistemas y, a su vez, a los productos, pudiéndolo implementar mejor en el proyecto. Considerando lo anterior, se observa que Uniclass 2015 propone una relación entre las tablas de Elementos (Elements) y Sistemas (Systems) a nivel de grupo, conservando la secuencia y codificación. Sin embargo, la tabla de Productos (Products) parte de una clasificación diferente y sólo podría alinearse parcialmente. En Omiclass no se encuentra ninguna relación entre ellas. La buena conexión entre tablas de Uniclass 2015 se puede encontrar también en la catalogación de espacios (Tabla 1), no siendo así en OmniClass, ya que no hay ninguna relación entre las Entidades por función (Entities by function) y los Espacios por función (Spaces by function).

Tabla 1. Correlación entre tablas de espacios de OmniClass y Uniclass. 2016. Elaboración propia.

OmniClass	Tabla	11 Entities by function	13 Spaces by function	-	-
	Ejemplo	11-12 24 11 University	13-3113 11 Lecture Classroom	-	-
Uniclass 2015	Tabla	Co Complexes	En Entities	Ac Activites	SL Spaces
	Ejemplo	Co_25_10_92 Universities	En_25_10_70 Adult educational buildings	Ac_25_10_04 Art teaching	SL_25_10_14 Classrooms

BIM necesita un enfoque unificado de la clasificación para conseguir una relación entre las tablas, lo que parece que se alinea mejor con Uniclass 2015. Además, para Europa, atendiendo a la disparidad existente entre el inglés americano y el inglés británico para designar a una misma palabra, parece más adecuada la elección de Uniclass.

Por estos motivos se eligió Uniclass como sistema de clasificación de toda la información del modelo as-built. Se ha tenido en cuenta también todo el marco del Reino Unido, por su experiencia, y en especial: la norma inglesa PAS 1192 [20], que establece diferentes conceptos relacionados con la implantación del BIM en los proyectos, y el Protocolo BIM del Construction Industry Council (CIC's) [21].

En la codificación de los productos se empleará también la codificación de la base de datos BEDEC del ITeC [22]. El elegir esta base de datos y no otra, se debe a que el ITeC históricamente ha trabajado constantemente en el desarrollo de la misma y en la gestión del proceso constructivo. Además, se trata de un organismo que ha venido participando en la implantación del BIM desde sus inicios en España y, actualmente, participa como miembro de la BuildingSmart (Spanish Chapter) como una apuesta por el intercambio de información en los procesos de construcción.

2.3 Fase 3: Generación del IFC de la Infraestructura

En este punto se estudiaron qué necesidades de mantenimiento requería la instalación de contraincendios, concretamente, los extintores. Las variables a tener en cuenta se han establecido teniendo en cuenta los "Product Data Templates (PDT)" [23]. Así, se seleccionaron los siguientes parámetros: ID equipo, Nivel, Estancia, Presión, Eficacia, Agente Extintor, Volumen, Certificados, Fabricante, URL Manual del Equipo, Empresa Mantenedora, Fecha Última Revisión Trimestral, Fecha Última Revisión Anual, Fecha Última Revisión Quinquenal.

En lo que respecta al mapeo IFC, se utilizaron objetos BIM que cumplieran con una correcta categorización. Dado que la estructura se basa en las relaciones semánticas de los elementos de construcción, las definiciones de los mismos deben ser las correctas. Por ejemplo, se comprueba que los equipos se exportan en las clases correctas: Extintores en "IfcFireSuppressionTerminal".

También se añadió la información relativa a la codificación y se comprobó que la categoría de familia era la adecuada (Equipos Especializados) como se puede ver en la Figura 3; ya que, si no, el visualizador IFC, a la hora de establecer una estructura jerárquica lo pondría como general, sin pertenecer a ninguna familia, con la consiguiente problemática de que se estaría desordenando la información del proyecto.

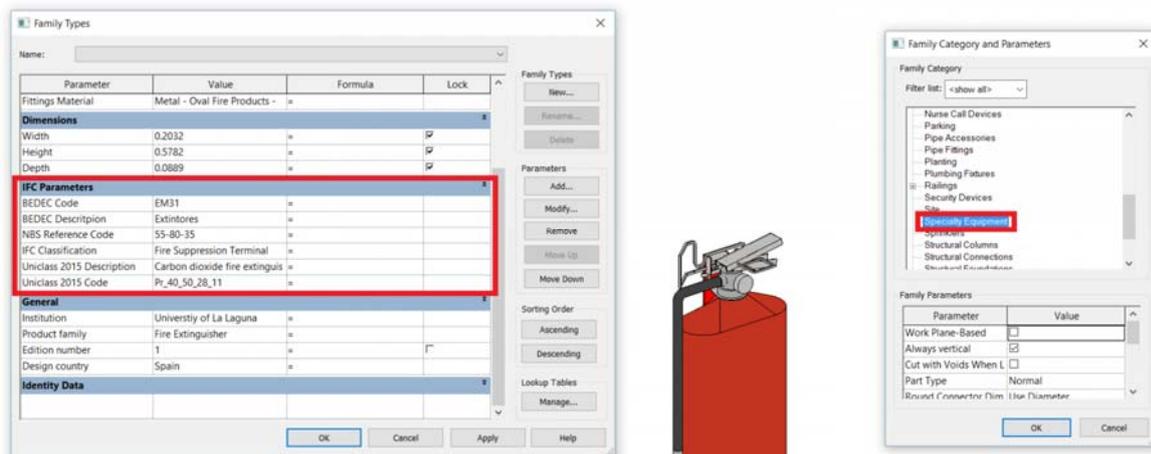


Figura 3. Parámetros de la familia de extintor. 2016. Elaboración propia.

2.4 Fase 4: Arquitectura del sistema propuesto

El prototipo propuesto se trata de un sistema de gestión de la información basado en software open source [24] en una estructura de tres módulos:

- Módulo BIM: se basa en el estándar neutral y abierto IFC, que permite incorporar datos de espacios y equipos del modelo (Figura 3). El núcleo lo conforman los programas open

source BIMserver, que actúa como un servidor que procesa y almacena los datos del modelo; y BIMsurfer, para poder visualizar el edificio.



Figura 3. Modelo BIM, Modelo de datos IFC e interfaz web del software opensource para mantenimiento. 2016. Elaboración propia.

- Módulo de Gestión: está diseñado para la búsqueda y consulta de datos relacionados con el mantenimiento y la gestión del flujo de trabajo, desde que se genera una incidencia hasta que se resuelve, pudiendo descargar informes del proceso.
- Módulo de Base de Datos: almacena toda la información del proyecto y de los usuarios. Además, les permite a estos últimos acceder a distintos módulos, en los que hay diferente roles y restricciones.

La Figura 4 ilustra el funcionamiento de los módulos.



Figura 4. Arquitectura del sistema. 2016. Elaboración propia.

Todos ellos se fusionan para crear un entorno web con una interfaz fácil y accesible. De hecho, desde que se comenzaron a utilizar dispositivos móviles para llevar a cabo la gestión del mantenimiento, se consideró que la plataforma web es la más apropiada [25]. Esta arquitectura está actualmente en fase de testeo con distintos modelos de edificios universitarios. Se están detectando además algunas propuestas de mejora para la arquitectura. Una de ellas es la actualización del modelo de datos IFC que nos permita disponer de una información actualizada del edificio.



3 CONCLUSIONES

El combinar un Modelo BIM con un sistema de gestión de datos, supone una evolución cualitativa, que reafirma como una apuesta firme de futuro a los Modelos de Información en Infraestructuras. Permite realizar un programa de mantenimiento preventivo para aquellos edificios cuya gestión no se encuentra automatizada, convirtiéndose en una poderosa herramienta.

La gestión de los espacios, que es un tema crítico para muchas organizaciones, como la propia Universidad, se mejora notablemente permitiendo una codificación automática y una forma de visualizar el modelo más eficiente que los sistemas tradicionales.

La comunicación entre la base de datos y el modelo permite estructurar toda la información, consiguiendo un mejor procesado y tratamiento. Constituye un repositorio que se puede actualizar de forma continua. Además, supone un ahorro de tiempo y coste respecto a los sistemas tradicionales, permitiendo a todos los profesionales que participan en las labores de mantenimiento reducir los tiempos de respuestas y aumentar la productividad.

Se debe seguir siempre una metodología ordenada para poder extraer todo el potencial de los modelos BIM. Asimismo, no se deben dejar de lado todos aquellos ajustes necesarios para poder conseguir un archivo IFC correcto. Hay que recordar que se trata de la relación de todos los elementos. No basta sólo con construir bien el proyecto, también se debe atender a los parámetros para evitar problemas a la hora de implementarlo en una plataforma.

La exportación del IFC se debe seguir estudiando y desarrollando para evitar la menor pérdida de datos posible. Aquí desempeñan un papel crucial las compañías de los softwares BIM existentes, al igual que las librerías de objetos.

4 AGRADECIMIENTOS

El presente estudio ha sido desarrollado al amparo del Proyecto de Investigación "*BIMNOTES: Anotaciones de Modelos 3D en el Ciclo de Vida en Entornos BIM*", del Plan Nacional de I+D+I del Ministerio de Economía y Competitividad y del Proyecto de Investigación "*BIMCanarias: La Tecnología BIM en el impulso de la industria Canaria de la Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Mantenimiento (AEC/O)*", financiado por la Fundación Caja Canarias.

5 REFERENCIAS

- [1] Baladhandayutham, T.; and Venkatesh, S. (2012). Construction Industry in Kuwait – an Analysis on E-Procurement Adoption with Respect to Supplier's Perspective. International Journal of Management Research and Development (IJMRD), vol. 2, no. 1, pp. 01-17.



- [2] Gallaher, M., O'Connor, A., Dettbarn, J., Gilday, L., 2004, Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry". NIST GCR 04-867. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology, 2004.
- [3] Eastman, C., Teicholz, P.; Sacks, R.; and Liston, K. (2011). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, 2nd Edition Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- [4] Vanlande, R.; Nicolle, C.; and Cruz, C. (2008). IFC and Buildings Lifecycle Management. Automation in Construction, vol 18, no. 1, pp.70-78.
- [5] Singh, V.; Gu, N.; and Wang, X. (2011). A Theoretical Framework of a BIM-Based Multi-Disciplinary Collaboration Platform. Automation in Construction, vol. 20, no. 2, pp.134-144.
- [6] Underwood, J., & Alshawi, M. (2000). Forecasting Building Element Maintenance within an Integrated Construction Environment. Automation in Construction, vol. 9, no. 2, pp. 169-184.
- [7] Ahamed, S.S.; Neelamkavil, J. and Canas R. (2010), Impact of Building Information Modeling on Facility Maintenance Management. The E-SIM 2010 Conference, Canada: NRC Institute for Research in Construction, National Research Council Canada.
- [8] Motawa, I; and Carter, K. (2013). Sustainable BIM-based Evaluation of Building. Procedia-Social and Behavioral Sciences, no. 74, pp. 419-428.
- [9] Leite, F.; Akinci, B.; and James Garret, J. (2009). Identification of Data Items Neede for Automatic Clash Detection in MEP Design Coordination. Construction Research Congress: Building a Sustanaible Future, ASCE. American Society of Civil Engineers, pp. 416-425.
- [10] Babič, N.Č.; Podbreznik, P.; and Rebolj, D. (2010). Integrating resource production and construction using BIM. Automation in Construction, vol. 19, no. 5, pp. 539-543.
- [11] Sacks, R., Radosavljevic, M. and Barak, R. (2010) Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction. Automation in Construction, vol. 19, no. 5, pp. 641-655.
- [12] Kiziltas, S. and Akinci, B. (2010). Lessons Learned from Utilizing Building Information Modeling for Construction Management Tasks. Construction Research Congress 2010: pp. 318-327.
- [13] Arayici, Y; Coates, P; Koskela, LJ; Kagioglou, M; Usher, C and O'Reilly, K (2011). Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice. Automation in Construction, vol. 20, no. 2, pp. 189-195.



- [14] Becerik-Gerber, B., Jazizadeh, F., Li, N., and Calis, G. (2012). Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled Facilities Management. *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 138, no. 3, pp. 431-442.
- [15] Hunter, E. J. (2009). *Classification Made Simple: An Introduction to Knowledge Organisation and Information Retrieval* (3.a ed.). England: Ashgate Publishing Ltd.
- [16] Foskett, A. C. (1996). *The Subject Approach to Information*. London: Library Association Publishing.
- [17] Jørgensen, K. A., H., T., Remmen, A., & Mellado, M. D. (2006). Integrated management systems - Three different levels of integration. *Journal of Cleaner Production*, 14(8), 713-722.
- [18] American Institute of Architects -AIA- (2013). *AIA G202-2013 Building Information Modeling Protocol*.
- [19] Gelder, J. (2011). Some thoughts on ISO 12006-2, de ICIS Newsletter. Recuperado 10 de noviembre de 2015, a partir de:
- [20] http://www.bestekboek.nl/file.php/178/ICIS_Newsletter_2011-08.pdf
- [21] PAS 1192-2:2013 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling.
- [22] Construction Industry Council (CIC's) (2013). *BIM Protocol*.
- [23] ITeC (2016) Base de datos BEDEC. Recuperado el 17 de febrero de 2016, a partir de: <http://itec.es/nouBedec.e/bedec.aspx>
- [24] CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers) (2016). *Product Data Templates*. Recuperado el 2 de marzo de 2016, a partir de:
- [25] <http://www.cibse.org/knowledge/bim-building-information-modelling/product-data-templates>
- [26] Openmaint Recuperado el 2 de marzo de 2016, a partir de: <http://www.openmaint.org/>
- [27] McAndrew, S.T.; Anumba, C.J.; Hassan, T.M.; and Duke, A.K. (2005). Potential Use of Real-Time Data Capture and Job-Tracking Technology in the Field. *Facilities*, vol. 23, no. 1/2, pp. 31-46.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

MÁS ALLÁ DEL BIM Y DEL CAD: DEL INTERNET DE LAS COSAS AL INTERNET DE LAS CASAS

Valderrama, Fernando (1), Díaz Pascual, Joaquín (2)

- (1) RIB Spain SA, fernando.valderrama@rib-software.es
(2) Technische Hochschule Mittelhessen, Fachgebiet Bauinformatik und Nachhaltiges Bauen, Giessen, diaz@bau.thm.de

RESUMEN

La productividad de la industria en general ha crecido de forma sostenida, pero la productividad de la construcción se mantiene estable desde hace muchos años. Y todas las áreas de mejora están relacionadas con el manejo de la información.

Ahora hay una excelente oportunidad para cambiar el sector. Por una parte, hay una nueva sensibilidad social a los sobrecostos y a los retrasos. Por otro lado, hay una nueva mentalidad sobre la importancia de la planificación y de la colaboración, como lo demuestra el éxito de Lean Construction.

El BIM es la infraestructura natural para apoyar estos nuevos métodos, pero sólo alcanzará el éxito si se cumple este orden:

- Nueva mentalidad
- Nuevos métodos
- Nueva tecnología

Ahora sólo falta el gran final: la industria 4.0. Una vez definido todo, incluyendo el modelo digital -el BIM tradicional 3D- y el proceso completo, con todos los colaboradores y sus distintos papeles, sólo hace falta pulsar una tecla. La tecla que pone en marcha los equipos de movimiento de tierras automatizados, las impresoras 3D, los robots, las factorías de prefabricados y las plataformas de productos para la construcción para que el edificio se construya automáticamente. Que para eso hemos estado tanto tiempo modelando.

Palabras clave: *lean, smart cities, IPD*

ABSTRACT

While the productivity of the industry in general has grown steadily, productivity construction has remained stable for many years; and all areas of improvement are related to information management.

Now there is an excellent opportunity to change the sector. On the one hand, there is a new social sensitivity to cost overruns and delays. On the other hand, there is a new mentality

BIM International Conference

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016

about the importance of planning and collaboration, as evidenced by the success of Lean Construction.

BIM is the natural infrastructure to support these new methods, but BIM will only achieve success if this order is fulfilled:

- New thinking
- New working
- New technology

Now we just need the grand finale: industry 4.0. Since everything is defined, including not only the traditional digital model -3DBIM- but the entire process, including all the agents and their different roles, so we just have to press a key. The key that launches automated earthmoving equipment, 3D printers, robots, prefabrication factories and supply chain platforms for construction products, so that not only the building is automatically built, but the entire city. That is the reason why we spend so much time modeling.

Key words: lean, smart cities, IPD

1 INTRODUCCIÓN

Mientras la productividad de la industria en general ha mantenido un ritmo constante de crecimiento desde la revolución industrial, la productividad de la construcción se mantiene constante.

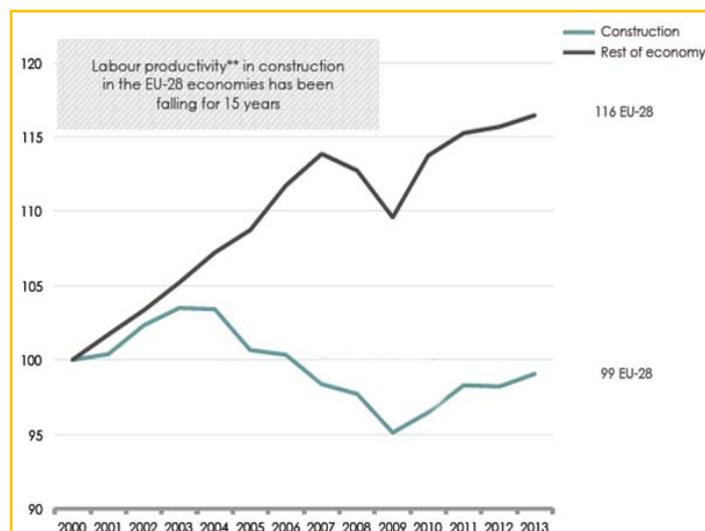


Fig. 1 Productividad = Valor añadido / Horas de trabajo. Índice: 100 = 2000.
2013. OECD Productivity Statistics, McKinsey Global Institute

La mejora de la industria es evidente en todos los ámbitos. Los productos low-cost están disponibles en sectores tan poco difíciles de optimizar a priori como los viajes en avión, los muebles, la ropa o los equipos informáticos. El coste de construcción de un automóvil por

metro cuadrado ha llegado a ser equivalente o inferior al de una vivienda, a pesar de su elevado contenido en diseño y tecnología.

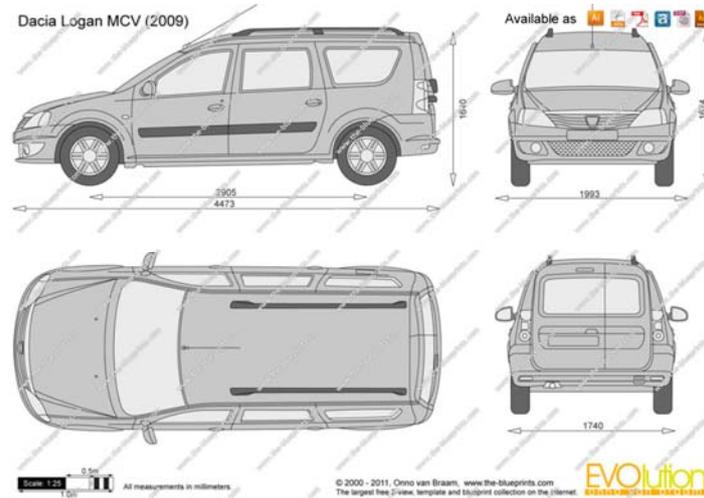


Fig. 2 Coste de construcción = 10.230 € / (4,473 m x 1,740 m) = 1.314 €/m². 2016. Renault.

Sin embargo, mientras un automóvil con diez años de antigüedad puede circular a gran velocidad bajo una tormenta sin que penetre el agua, es altamente probable que tengamos humedades en una vivienda recién terminada, a poco que llueva.

Las razones por las que la industria ha conseguido estos avances espectaculares se suelen achacar al aumento de la producción generado por las necesidades de la Segunda Guerra Mundial y a la implantación de una cultura de la calidad, cuyo efecto es un aumento de la eficacia a largo plazo.

Sin embargo, también se ha construido masivamente desde entonces sin que se haya obtenido una mayor eficiencia y la misma cultura de la calidad podría haberse implantado en la construcción, si se hubieran dado las condiciones.

Cuando se debaten las razones de esta diferencia siempre se mencionan las mismas dificultades específicas de la construcción: construimos prototipos a escala natural; lo hacemos en fábricas temporales, en terrenos de otros, cada vez distintos y generalmente inadecuados; existen riesgos difíciles de gestionar, como las características del terreno; intervienen diferentes agentes, muchas veces con intereses contrapuestos. Sin embargo, tal vez las verdaderas razones son otras: los objetos de la construcción no son móviles, por lo que no existe una verdadera competencia, los márgenes hasta ahora han sido altos y todo ello no estimula la eficiencia.

¿Qué podemos hacer?

2 CONTENIDO

El momento actual, en el que proliferan congresos, eventos y publicaciones sobre los medios digitales aplicados a la construcción, constituye en realidad un déjà vu respecto de la situación creada a finales de los ochenta, que fue una época de enormes expectativas sobre las aplicaciones en nuestro sector de la revolución informática emergente. Ese momento aparece ahora como una auténtica salida en falso, ya que el objetivo inicial de la informática, como ocurre en todos los ámbitos, fue el de realizar con el ordenador lo mismo que anteriormente se realizaba a mano, y no el de proponer un verdadero cambio de paradigma. El prolongado éxito de un programa como AutoCAD, que se limita a reproducir el antiguo sistema de dibujo manual del "overlay drafting", es el más claro síntoma.

La razón de este retraso no es la ausencia de las herramientas digitales adecuadas, que ya existían entonces y se usan por los agentes más innovadores del sector. Los nuevos medios técnicos por sí solos no cambian un sector. Previamente, es necesario que los distintos agentes del sector, sea cuales sean las motivaciones, cambien de mentalidad, que los profesionales se adapten, que se identifique e implanten nuevos métodos y que se vaya construyendo un eco-sistema con todos los recursos necesarios.

2.1 Una nueva mentalidad

Tal vez la principal razón de la nueva sensibilidad sobre las deficiencias de la construcción y su impacto en la sociedad se basa en el origen inmobiliario de la reciente crisis, en la mayor concienciación sobre las consecuencias del gasto y el endeudamiento y, al menos en nuestro país, a la vinculación entre construcción y corrupción política.

Los sobrecostes y los retrasos de la construcción se han convertido ahora en temas de interés periodístico [1].

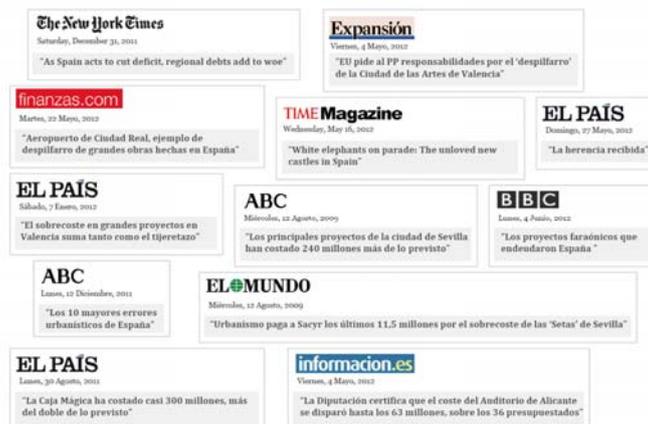


Fig. 3 Titulares de medios impresos sobre sobrecostes y retrasos. 2014. Fuentes indicadas en la propia figura.

A su vez, el cambio por parte de la sociedad se ve correspondido por un cambio en el propio sector de la construcción que ha dado lugar a un núcleo duro, una masa crítica de



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

visionarios convencidos de que el cambio es posible. Este cambio tiene un sistema de referencia bien definido, ya que basta con observar las técnicas de gestión que consiguieron los avances del resto de la industria descritos anteriormente, como la calidad total, just-in-time, implicación de los proveedores, reingeniería de procesos, empoderamiento de las personas, círculo virtuoso de empleados y clientes o responsabilidad social corporativa.

El cambio de mentalidad se puede resumir en tres palabras:

"Sí, se puede".

2.2 Nuevos métodos

Una vez que la dirección general ha accedido a esta nueva mentalidad, el siguiente paso es identificar los cambios de creencias o valores, que se pueden concretar en tres:

- Las personas pueden colaborar
- La planificación es necesaria
- La industrialización es posible

En la visión clásica, que se transmite a través de las propias escuelas, todos los agentes de la construcción están enfrentados en un juego de ganar-perder, y esto se aplica también a los departamentos internos de la empresa. El departamento de estudios que prepara las ofertas no cuenta con el de planificación y el jefe de obra, que tendrá que ejecutarla, sólo la conoce cuando ya está adjudicada y es tarde para tomar decisiones. Según esa visión, la oficina central sólo exige papeles inútiles y la dirección vive cómodamente alejada de los problemas reales.

Sin embargo, la experiencia de la industria, tanto en la fabricación como en los servicios, demuestra que esta situación es perjudicial y que se puede cambiar. Para ello hay que tomar una serie de medidas ampliamente conocidas: apoyo a los cambios desde la dirección general, acceso más generalizado a la información -no sólo a la estrictamente necesaria para cada uno-, confianza en la capacidad de las personas para mejorar los procesos y tomar decisiones, etc.

Las experiencias más innovadoras de formación en la construcción, como las llevadas a cabo en la Technische Hochschule de Mittelhessen, por uno de los autores (profesor Díaz), por el profesor Steven G. Swant, en el Georgia Institute of Technology y por el profesor Martin Fischer en la Universidad de Standford, hacen hincapié en la participación de alumnos con distintos papeles, en la colaboración y en entender y respetar todos los puntos de vista, más que en la especialización en el diseño, el coste o la ejecución.

BIM International Conference

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
 Universitat Politècnica de València
 Valencia, 20 y 21 de mayo 2016



Fig. 4 Una experiencia de formación colaborativa: Integrando RIB iTWO 5-D en la enseñanza. 2015. Georgia Tech.

En segundo lugar, la planificación se ha recibido en general con un marcado escepticismo: planificar para qué, si la planificación nunca se cumple. Es fácil encontrar textos sobre planificación en la que el autor se queja de que todas estas enseñanzas son inútiles porque no se aplican [2]. Tales autores deberían reflexionar si el problema está precisamente en que esa planificación es inadecuada.

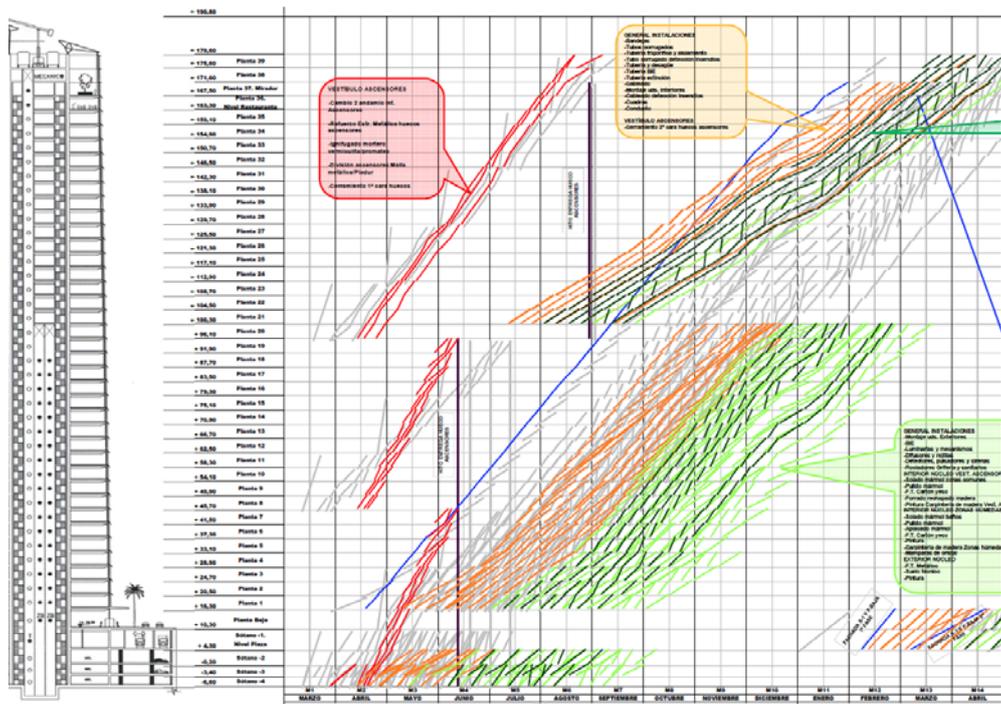


Fig. 5 Diagrama de espacio-tiempo. 2014. Manuel Javier Martínez [3].

La realidad es que la planificación estudiada tradicionalmente, basada en la teoría de grafos y que proviene de la industria, se ha demostrado como poco efectiva para la construcción. No es el lugar para describir en detalle los errores conceptuales de la planificación al uso,

pero sí se pueden enumerar las técnicas que triunfan en la práctica, como la planificación por espacios y tiempos, la planificación comprimida de la cadena crítica o las técnicas de programación promovidas por las teorías de Last Planner y Lean construction.

Como resultado de estos y de otros cambios, la planificación en la construcción ha pasado de ser despreciada a considerarse imprescindible.

Por último, la visión clásica de la prefabricación, asociada inevitablemente a la utilización de pesados paneles de "hormigón arquitectónico", encofrados túnel y otros sistemas de inspiración soviética, ha dado paso a una imagen más ligera y flexible, donde es posible fabricar elementos no necesariamente repetitivos de manera eficiente.



Fig. 6 Cuartos de baño construidos in situ. 2016. <http://conspace.es/>.

Las conocidas técnicas de origen japonés, aplicadas a la industria automovilística, implicando a los proveedores, buscando la mejora continua de los procesos y consiguiendo personalizar los productos sin perder las ventajas de la fabricación en serie, se perciben ahora como posibles, no sólo para generar en taller estructuras metálicas industrializadas que se montan en la obra, sino para construir componentes complejos, como cuartos de baño totalmente equipados, elementos complejos de fachada y otros subsistemas constructivos.

2.3 Nueva tecnología

La infraestructura informática para soportar estos nuevos métodos, como ya se ha dicho, existe desde hace mucho tiempo, pero es ahora más madura y más eficiente.

Por ejemplo, los sistemas de planificación 5D permiten visualizar la ejecución integrando el modelo 3D con el tiempo y el coste.

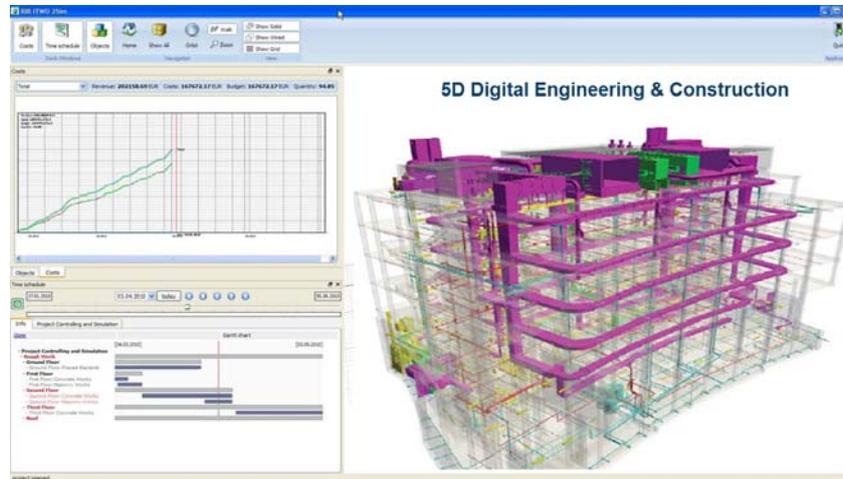


Fig. 7 Planificación 5D, coste, tiempo y modelo iTWO. 2016. RIB Software AG.

Una plataforma de información puede ir más allá, simulando el proceso completo de la ejecución, incluyendo la relación entre el modelo del proyecto y el entorno de la industria que permite convertir las intenciones del diseño en un objeto ejecutable, dentro de una cultura de la construcción, un emplazamiento y un momento concretos.

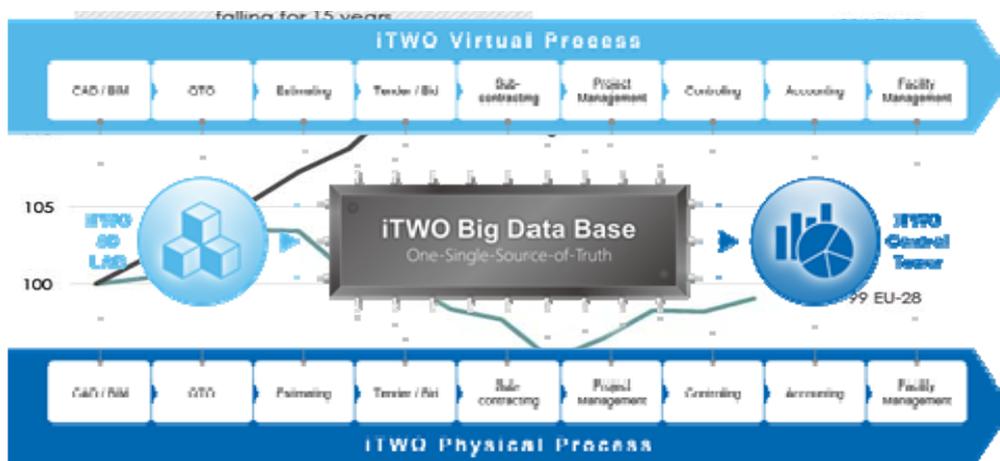


Fig. 8 iTWO Una plataforma para la integración del proceso de la construcción. 2016. <http://www.rib-software.es>

Esta simulación resuelve una de las dificultades específicas de la construcción más mencionadas, ya que la realización una y otra vez en un entorno virtual del proceso de ejecución con todos sus detalles equivale al proceso cíclico de mejora continua de la fabricación en serie. Como no se puede repetir el prototipo físicamente, se realiza digitalmente hasta que todos los agentes que intervendrán en la ejecución han realizado sus comentarios y han dado su visto bueno.

3 CONCLUSIONES

La combinación de los nuevos métodos y nuevas infraestructuras de información permiten apoyar a los agentes del sector de la construcción que han decidido adoptar una nueva mentalidad.

Modelamos con todo detalle, tanto los objetos como los procesos. Establecemos la conexión entre estos objetos y procesos virtuales con sus equivalentes físicos. Y necesitamos aprovechar aún más este esfuerzo.

Incluso en la actualidad, todos los componentes necesarios para ejecutar trabajos de reforma y rehabilitación de pequeña y mediana envergadura, pueden definirse digitalmente, elegirse y adquirirse en plataformas de la construcción que aseguran el suministro en el lugar y el momento necesarios. Pero queremos ir más allá. Otros recursos están disponibles, o van a estar pronto, para realizar componentes de mayor envergadura:

- Maquinaria de movimiento de tierras que ejecuta el trabajo a partir del modelo de ordenador y que se posiciona por GPS.
- Estructuras metálicas y de hormigón generadas a partir del modelo de ordenador.
- Impresoras 3D de gran tamaño
- Sistemas de prefabricación y robots capaces de construir piezas de gran complejidad.

Del Internet de las cosas al Internet de las casas

La industria 4.0 añade una nueva posibilidad, ya que cada componente del edificio, por pequeño que sea, estará identificado, así como las máquinas necesarias para su transporte y colocación en obra, todo ello controlado por la infraestructura informática adecuada.

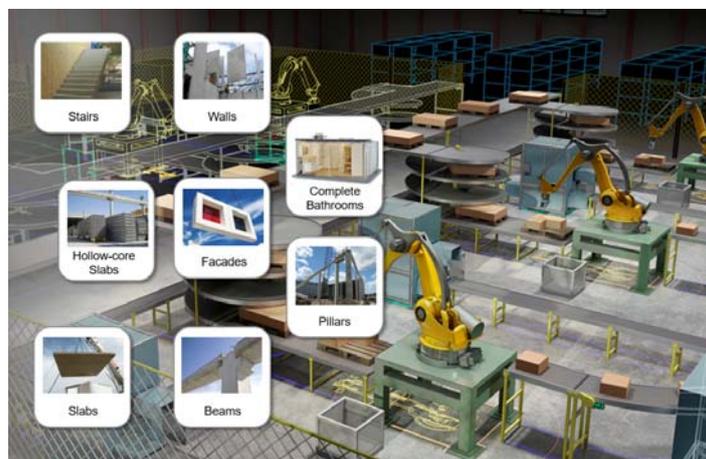


Fig 9 Una fábrica robotizada para la construcción. 2016. SAA Software Engineering GmbH.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

Una vez que el proyecto está totalmente definido en el mundo virtual, nuestro objetivo es que se materialice en el mundo físico con el mismo grado de automatización que es habitual en la industria, sin más trabajos manuales ni más decisiones que las que serían necesarias en un proceso industrial bien afinado.

En una conversación personal poco antes de su fallecimiento, a los noventa y dos años, el arquitecto Miguel Fisac me contó que su ideal era que a las obras no pudieran acceder obreros poco cualificados, que se podían hacer daño o matarse, sino solamente empleados con carnet, certificados por la norma ISO 9000. Este sueño de Miguel Fisac está ahora más cerca de realizarse. De la paleta a la llave Allen, como diría Ignasi Pérez Arnal, o del bit al átomo, en palabras de Negroponte, con una sola tecla. Arquitectos los tres, por cierto.

4 REFERENCIAS

- [1] Spiegel. "Starchitect Trio: the men behind Germany's building debacles. Spiegel OnlineInternational. Url: www.spiegel.de/international/germany/de-meuron-von-gerkan-and-ingenhoven-on-german-constructionheadaches-a-905472.html.
- [2] Perera, J. (2003). *La programación en la construcción*. Madrid: Bellisco.
- [3] Valderrama F., Mattos, A. (2014). *Métodos de planificación y control de obras*. Barcelona: Editorial Reverté.



TÉCNICAS EN NUBES DE PUNTOS. HACIA LA ESTANDARIZACION EN EL USO DE LAS NUBES DE PUNTOS EN BIM

Soria Campos, Antonio

(1) Director Técnico FADI Ingeniería, SL. asoria@fadi-ingenieria.com.

RESUMEN

No cabe duda que el BIM está llamado a abanderar el cambio en el diseño, la optimización de costes y la forma de gestionar los inmuebles. De ese mismo modo, la forma de caracterizar el entorno donde se desarrolla el proyecto BIM requiere de nuevas herramientas para capturar dicha realidad.

Estas nuevas herramientas se fundamentan en el uso de las nubes de puntos, que pueden ser obtenidas mediante tecnología láser y/o fotogrametría.

Las aplicaciones de la nubes de puntos son diversas: obtención de documentación “as built”, ingeniería inversa, reutilización de maquinaria / instalaciones, análisis de interferencias, etc.; si bien existen limitaciones en el uso de las mismas que debemos conocer.

Para que la nube de puntos se integre de una manera sencilla y exitosa dentro de todo el ciclo del BIM, es fundamental seguir unas metodologías de captura y procesado de la nube, para llegar al final del proceso y que todos los agentes intervinientes en el mismo puedan interactuar con fluidez.

Nuestra experiencia de más de cinco años nos han permitido establecer dichos procesos de estandarización de manera exitosa, participando en numerosos proyectos que incorporan las nubes de puntos para clientes como Audi, Mercedes Benz, Volkswagen, Compañía Logística de Hidrocarburos, Seat, Nissan, Autoridad Portuaria de Valencia, etc.

Palabras clave: *Adquisición, escaneado 3D, estandarización, nube de puntos, registro, segmentación.*

ABSTRACT

There is no doubt that the BIM is called to lead the change in design, cost optimization and management of property. In the same way, the way to characterize the environment in which develops the BIM project requires new tools to capture this reality.

These new tools are based on the use of point clouds, which can be obtained by laser technology and / or photogrammetry.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

Applications of point clouds are diverse: "as built" documentation, reverse engineering, re-use of equipment / facilities, interference analysis, etc .; although there are limitations in the use of the same that we must know.

To integrate easily and naturally the point cloud into the whole cycle of BIM is essential to consider a set of standardized processes previous to the cloud acquisition and processing, to successfully reach the end of the process and that all agents involved in the process can interact fluently.

Our experience of more than five years have enabled us to establish such standardization processes successfully, participating in numerous projects working with point clouds for customers such Audi Tooling, Mercedes Benz, Volkswagen, CLH, Seat, Autoridad Portuaria de Valencia, etc.

Key words: *Acquisition, 3D scan, standardization, point cloud, register, segmentation.*

1 INTRODUCCIÓN

El uso de las nubes de puntos se está introduciendo con fuerza (y por derecho propio) en el ciclo BIM, pero nuestra experiencia en la toma de datos y modelado sobre nubes de puntos nos permiten identificar cierto desconocimiento por parte de muchos los usuarios finales acerca de qué es lo que deben esperar de una nube de puntos: cómo se ha obtenido, cómo se ha registrado, si es necesario segmentar la nube o no, etc. En definitiva, ¿la nube de puntos que está recibiendo es adecuada para el uso final que se le va a dar dentro del proyecto BIM?

La estandarización es necesaria para unificar las características de un producto o servicio. Las nubes de puntos necesitan igualmente de dicha estandarización.

En este documento pretendemos abordar aquellos aspectos de la estandarización que entendemos fundamentales a la hora de utilizar una nube de puntos dentro del ciclo BIM.

2 HACIA LA ESTANDARIZACIÓN EN EL USO DE LAS NUBES DE PUNTOS EN BIM

La siguiente exposición hace referencia a los procesos necesarios para la obtención y manejo de nubes de puntos, si bien no diferenciamos entre las nubes de puntos obtenidas por métodos fotogramétricos o mediante láser escáner, algunos de las normas que se exponen pueden aplicar únicamente a uno u otro método.

2.1 Qué es la estandarización (2)

Es el proceso por el cual se ajusta a un patrón o a un conjunto de normas, con la finalidad de:

1. Facilitar el intercambio de información / métodos.
2. Evitar, en los procesos los conflictos, duplicidades y simplificar los mismos.
3. Establecer un marco de comunicación preciso entre los agentes intervinientes en el proceso.

2.2 Qué es una nube de puntos

Una nube de puntos, es una representación discreta de una realidad continua, si bien a diferencia de los métodos topográficos / fotogramétricos convencionales, la toma de los puntos se hace de manera indiscriminada. Esta particularidad conlleva una serie de dificultades a la hora de gestionar y manejar la información obtenida.

La obtención de nubes de puntos se puede llevar a cabo mediante dos tecnologías claramente diferenciadas: basadas en LIDAR o basadas en FOTOGRAMETRÍA.

Asimismo, los dispositivos de adquisición de datos, pueden posicionarse sobre un simple trípode o pértiga (escáner estático), o bien estar embarcados en un avión, vehículo o embarcación (escáner dinámico).



Imagen 1. Nube de puntos de vivienda unifamiliar. Fuente: A. Soria

2.3 Obtención de la nube de puntos

Previo a la obtención de la nube de puntos, es importante establecer una serie de parámetros tales como:

1. Planificación: establecer cuál será la finalidad del trabajo (¿realmente necesitamos una nube de puntos?); definir el nivel de detalle a capturar (¿cuál es el tamaño mínimo de la realidad que vamos a obtener?); definir la extensión y alcance de la medición (¿tenemos que enlazar nubes de puntos en diferentes plantas?, ¿hay que prever trabajos previos tales como descubrir falsos techos, trasdosados, etc. que no

permiten medir?); posicionamiento del instrumento en relación al objeto de trabajo (si vamos a tomar una fachada en altura, debemos tener la posibilidad de posicionarnos en altura de modo que estemos lo más perpendicular posible al objeto); características del objeto (los objetos metálicos, brillantes, etc. ofrecen una mala respuesta a los sensores).

2. Toma de datos: en base los parámetros establecidos en la planificación se definirán: trabajos previos a considerar (descubrir falsos techos, preparar superficies), el establecimiento de dianas, la resolución de la nube de puntos (espacio de la malla a una determinada distancia), número y posición de las tomas, , calidad del dato (los instrumentos permiten configurar la exactitud de la medición), toma de datos topográficos (dependiendo del tipo de registro y georreferenciación de la nube, también si hay que complementar la nube con datos topográficos).



Imagen 2. Escaneado de fachada. Fuente: A. Soria

2.4 Registro

El proceso de registro, consiste en restablecer la posición relativa de las diferentes nubes de puntos en el momento de la toma de datos. Esta operación es necesaria porque cada una de las nubes de puntos tiene definido el origen de su sistema de coordenadas en el centro óptico del propio instrumento. Las técnicas de registro determinarán la calidad métrica de la nube de puntos. Es posible utilizar técnicas mixtas.

BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*



Imagen 3. Nubes de puntos sin registrar. Fuente: A. Soria



Imagen 4. Nubes de puntos registradas. Fuente: A. Soria

Dependiendo de la técnica empleada se diferencian tres tipos:

1. Registro directo. Este tipo de registro requiere de al menos dos puntos de coordenadas conocidas: el punto donde se va a estacionar el escáner y otro punto adicional, que permitirá establecer la dirección del sistema de coordenadas (del mismo modo que se hace con una estación total topográfica). El registro directo, presenta la ventaja que no es necesario el solape entre las nube de puntos. Este método es prácticamente imprescindible cuando queremos enlazar nubes de puntos del interior y exterior de un edificio.

Ventajas: Menor número de posiciones en la toma de datos. Calidad métrica establecida por métodos topográficos empleados.

Inconvenientes: Mayor tiempo en la toma de datos. Requiere complementar con topografía.

2. Registro indirecto mediante dianas. Las dianas pueden ser naturales o artificiales. Las dianas artificiales presentan la ventaja que suelen ser reconocidas de forma automática por las aplicaciones de procesado de nubes de puntos, están diseñadas para que el proceso de observación mediante técnicas topográficas sea fácil (buena identificación del centro de la diana, diámetro de la diana conocido, etc.). En general se usaran dianas artificiales en aquellos casos donde no sea fácilmente identificable una esquina, plano



bien definido, etc. o en aquellos casos en los que, habiendo numerosos elementos susceptibles de ser usados como dianas naturales, se den patrones repetitivos (mitigación de los errores de identificación). Las dianas naturales, pueden ser cualquier superficie (fachada), objeto (tubo, farola, etc.) o arista (esquina, cornisa, etc.). También es posible identificar puntos como dianas, si bien es un poco arriesgado el uso de puntos como dianas, ya que se introducen errores que pueden ser inasumibles.

Ventajas: Toma de datos más rápida que en registro directo.

Inconvenientes: Requiere trabajos previos para la implantación de dianas. Requiere complementar con topografía si se quiere georreferenciar. Mayor solape entre nubes. Calidad métrica sujeta a disposición de dianas y calidad de observación de las mismas.

3. El registro por comparación de nubes, consiste en un proceso iterativo que compara toda una nube de puntos con otra. Este proceso iterativo va ajustando las nubes de puntos entre sí, estableciendo correlaciones entre ellas, hasta que no se pueden mejorar los valores. Entonces el software nos ofrece información sobre la calidad del ajuste realizado. Para poder llevar a cabo el registro por comparación de nubes, es necesario que las mismas tengan solape, para que los procesos de iteración sean efectivos.

Ventajas: Toma de datos muy rápida. Gran solape entre nubes de puntos.

Inconvenientes: Mayor tiempo en el procesado y registro. Requiere complementar con topografía si se quiere georreferenciar. Calidad métrica comprometida en proyectos con disposición lineal, tales como muelles, fachadas curvas, etc. (nubes de puntos se disponen en curva, y no en su posición real)

El uso de una u otra técnica de registro determinará las precisiones relativas y absolutas de la nube de puntos y por tanto del posterior modelo que de esta nube se obtenga. Es fundamental que antes de abordar el escaneado de una instalación, se analice el nivel de precisión que se espera del modelo "as built". Como referencia, se pueden tomar como guía las especificaciones recogidas en la Guía de Usuarios BIM de BuildingSmart España.(3)

2.5 Segmentación

La segmentación es el proceso por el cual se divide la totalidad de la nube de puntos en subconjuntos más manejables según diferentes criterios:

1. Espaciales: la nube de puntos se divide por plantas, zonas o sectores.
2. Disciplinas: la nube se divide por disciplinas tales como fontanería (tuberías, válvulas, depósitos, etc.), instalaciones eléctricas (bandejas, armarios, etc.), ventilación (conductos, máquinas, etc.)

3. Tamaño: en los proyectos de mayor envergadura, además de por criterios espaciales o disciplinas, será necesario segmentar la nube en un tamaño que sea manejable por el software con agilidad.

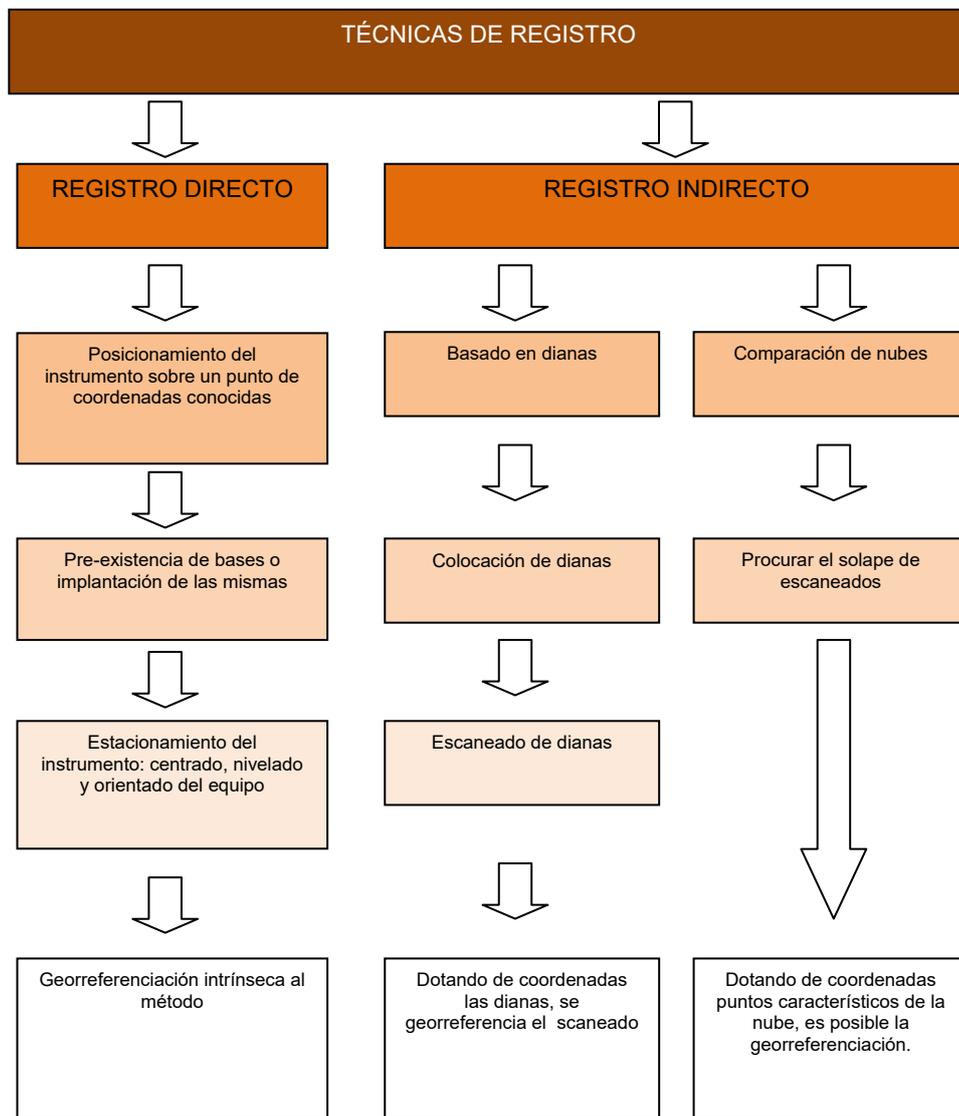


Fig. 1. Esquema técnicas de registro. A. Soria

La segmentación es un proceso que consume mucho tiempo y recursos y generalmente no se repara en la importancia que puede tener dentro del proyecto BIM. Además es un proceso que requiere de herramientas específicas de gestión de nubes de puntos de las que no siempre dispone el usuario final.

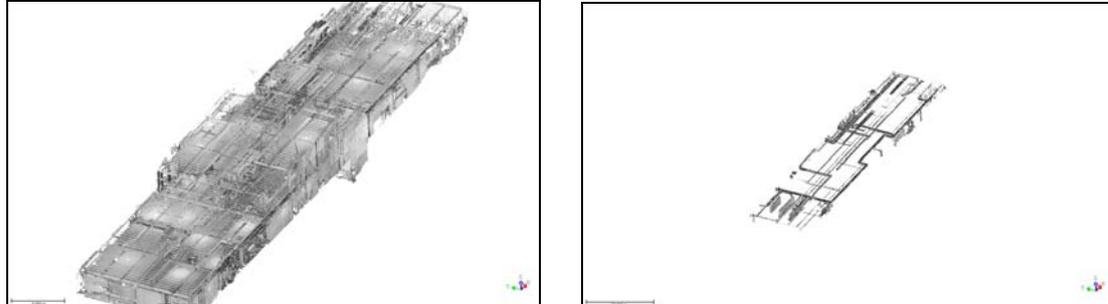


Imagen 5. Segmentación de nubes. A la izquierda nube completa; a la derecha, segmentación de las instalaciones de climatización. A. Soria

3 EXPORTACIÓN E INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN

Actualmente hay una gran diversidad de formatos, generalmente vinculados a cada fabricante de hardware / software, si bien hay determinados formatos como pueden ser .pts / .ptx / .e57 que son generados o leídos por prácticamente cualquier plataforma software.

Los principales fabricantes proporcionan soluciones integradas, pero siempre dentro de sus plataformas, no siendo a día de hoy la interoperabilidad una realidad.

4 CONCLUSIONES

Las nubes de puntos son una utility dentro del ciclo BIM, del mismo modo que la topografía lo ha sido tradicionalmente en los proyectos de Arquitectura e Ingeniería. Sin embargo, no existe actualmente una normalización en lo referente a las especificaciones técnicas que deben regir la planificación, captura y registro de nubes de puntos.

Asimismo, no hay suficiente conocimiento acerca de las ventajas / inconvenientes de utilizar un método de registro u otro; las limitaciones de uso de las nubes de puntos dependiendo de la accesibilidad o del material del objeto o instalación a capturar.

La segmentación es un proceso que consume mucho tiempo y recursos y generalmente no se repara en la importancia que puede tener dentro del proyecto BIM. Además es un proceso que requiere de herramientas específicas de gestión de nubes de puntos de las que no siempre dispone el usuario final.

En el camino hacia la estandarización en el uso de las nubes de puntos, y revisando los conceptos de estandarización, podemos señalar que:

1. Los procesos de intercambio de información están poco normalizados, existiendo multitud de formatos para nubes de puntos, si bien hay algunos formatos estándar

que están muy extendidos. El inconveniente de estos formatos es que generan un volumen de datos ingente a diferencia de los formatos propietarios.

2. La tecnología de nubes de puntos proporciona una información veraz y precisa del entorno donde se desarrolla el proyecto BIM, lo cual es garantía de minimización e incluso eliminación de conflictos y errores.
3. En el apartado de comunicación entre los agentes intervinientes debemos de considerar dos aspectos; el relativo al sistema de coordenadas / representación de la nube y posterior modelo BIM y por otro lado, la segmentación que debe ajustarse a criterios espaciales y/o por disciplinas.

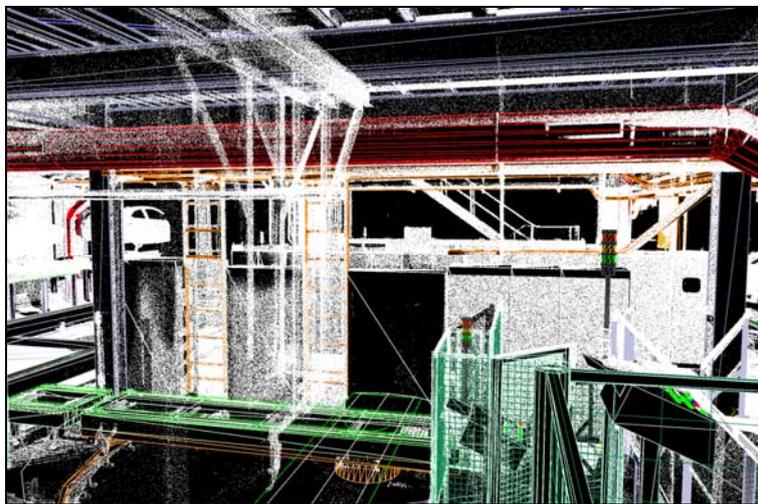


Imagen 6. Modelo BIM a partir de nubes de puntos. Fuente: A. Soria.

5 REFERENCIAS

- [1] Soria Campos A. (2014). Curso de Obtención y Manejo de Nubes de Puntos. Madrid: Master Building Information Modeling. IDESIE Business School.
- [2] Wikipedia. Concepto de normalización.
- [3] Guía de Usuarios BIM de BuildingSmart España.



BIM APLICADO AL PROYECTO DE PUENTES

Giménez Vila, Javier (1), Pérez Caldentey, Alejandro (2)

- (1) Fhecor Ingenieros Consultores, IE University, jgv@fhecor.es
(2) Fhecor Ingenieros Consultores, Universidad Politécnica de Madrid, apc@fhecor.es

RESUMEN

La mayor parte de las herramientas BIM existentes en la actualidad están orientadas al desarrollo de proyectos de edificación. Existen algunas aplicaciones y módulos específicos que permiten la generación de modelos de puentes, pero requieren que la geometría de las obras sea muy regular lo cual supone una limitación importante de cara a su empleo en proyectos reales.

El posicionamiento y definición geométrica de los puentes se basa en información difícilmente manejable por medio de las plataformas BIM disponibles. Además, su representación en planos bidimensionales es, en muchos casos, una abstracción de la realidad difícilmente conseguible mediante el empleo de las herramientas incluidas en las plataformas comerciales.

Este artículo aborda la problemática específica que surge de la aplicación de la metodología BIM al proyecto de puentes.

Por una parte, el documento expone los aspectos clave que gobiernan el proyecto estructural de puentes, centrándose en el tratamiento de los datos de partida, la definición de los elementos de referencia y control y las relaciones entre elementos. Por otra parte, se presentan las necesidades específicas de representación que requiere el proyecto de puentes.

Por último, se presentan los desarrollos realizados por los autores para superar las dificultades expuestas.

Palabras clave: *desarrollos, estructuras, puentes, viaductos*



ABSTRACT

Most existing BIM tools are focused on design of buildings. There are some plugins and modules that allow the generation of bridge models, but their use is limited to structures with regular geometry.

Positioning and geometric definition of bridges is based on information that isn't manageable through the available BIM platforms. Furthermore, the representation of bridges in two-dimensional views is, in many cases, an abstraction hardly achievable by using the tools of commercial platforms.

This paper discusses the specific problems arising from the application of BIM methodology to bridge projects.

The document sets out the key aspects governing the structural design of bridges, focusing on the treatment of the input data, the definition of reference elements and relationships between different elements of the bridge. Moreover, the specific needs of graphic representation required by bridge projects are presented.

Finally, the developments made by the authors to overcome the difficulties outlined above are presented.

Keywords: *developments, structures, bridges, viaducts*

1 INTRODUCCIÓN

Pese a que el empleo de la metodología BIM en el proyecto de puentes se ha extendido considerablemente en los últimos años, la proporción con respecto al número total de proyectos desarrollados sigue siendo anecdótica. A diferencia del ámbito de la edificación, en el que la metodología está imponiéndose de manera clara, en las obras civiles su empleo parece seguir restringido a experiencias piloto, obras de poca complicación geométrica y a los casos en los que la propiedad exige un modelo BIM de la infraestructura de manera contractual. En este último caso, el aprovechamiento de los modelos suele ser modesto y los cambios en la geometría implican normalmente un gran esfuerzo.

Algunos países como Corea del Sur han hecho notables esfuerzos por implantar la metodología BIM en el proyecto de obras civiles. Trabajos como los de Park et al [1] muestran que la implantación ha sido efectiva en las estructuras en altura, mientras que se ha observado que su aplicación a las obras lineales resulta extremadamente complicada y presenta importantes limitaciones técnicas con los programas existentes. El interés en este campo es creciente y países como Alemania han publicado recientemente una hoja de ruta para la incorporación de la metodología BIM a las infraestructuras [2].



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

Todas las herramientas comerciales disponibles actualmente han sido desarrolladas para proyectos de edificación. En consecuencia los elementos básicos de referencia sobre los que se estructuran los modelos responden a las necesidades que plantea el proyecto de edificios, en los que interesa referenciar los elementos con respecto a planos horizontales (niveles) y con respecto a planos verticales (alineaciones). Por el contrario, en el proyecto de obras lineales los elementos se referencian con respecto a un eje de trazado que no tiene por qué estar contenido en un plano horizontal, dado que es una curva espacial. Generalmente se emplea el punto kilométrico (P.K.) como sistema de referencia principal de la obra. Además, estos ejes suelen venir definidos por la posición y orientación de los puntos característicos del eje con respecto a sistemas de coordenadas globales, variables que no siempre son fácilmente editables desde las plataformas BIM existentes.

Esta imposibilidad de trabajar con sistemas de referencia adecuados para el proyecto de obras lineales es uno de los principales problemas que aparecen al enfrentarse a la aplicación de la metodología BIM en este ámbito. El desarrollo de herramientas, como Dynamo para Revit, ha permitido paliar algunas de las debilidades que presentan las plataformas de software, si bien todavía están lejos de responder a las necesidades reales que plantea el proyecto de puentes.

En este artículo se hace un breve recorrido sobre las experiencias más relevantes de aplicación de la metodología BIM al proyecto y mantenimiento de puentes, se tratan los problemas fundamentales que surgen al aplicar la metodología BIM en este ámbito y se muestran los resultados obtenidos mediante herramientas desarrolladas por el equipo de Fhecor Ingenieros Consultores.

2 EXPERIENCIAS EN LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN PUENTES

Las experiencias de aplicación de la metodología BIM en puentes no se limitan únicamente a la fase de proyecto, ya existen referencias en el ámbito de la gestión de infraestructuras en las que se han empleado modelos BIM para registrar el estado de las obras y evaluar su comportamiento estructural.

En los siguientes apartados se exponen de manera concisa algunas experiencias relevantes tanto en la fase de proyecto como en el mantenimiento.

2.1 Ejemplos de aplicación de la metodología BIM en la fase proyecto de puentes

Existen experiencias del empleo de la metodología BIM en puentes emblemáticos como el Peace Bridge en Irlanda y el Chenab Bridge en India. Ambas estructuras son metálicas y en los dos casos se desarrolló un modelo en Tekla que permitió concebir detalladamente cada elemento de las estructuras, facilitando su fabricación. Otro ejemplo es el Cruselli Bridge [5], un puente atirantado en Finlandia que fue proyectado en Tekla. El modelado de estos puentes fue posible gracias a la posibilidad que ofrece Tekla de importar la geometría de las vías de un programa de trazado y emplearla como base para el modelado.

Por otra parte, el desarrollo de Add-Ins como Dynamo ha permitido que se desarrollen proyectos de puentes emblemáticos empleando Revit. Un ejemplo es el viaducto de la sexta avenida en Los Ángeles, de 1060 metros de longitud y consistente en una serie de arcos de hormigón de canto variable. La figura 1 muestra una infografía de la estructura proyectada por HNTB.



Fig 1. Infografía del viaducto de la sexta avenida en Los Ángeles. 2015. HNTB.

2.2 Ejemplos de aplicación de la metodología BIM en el mantenimiento de puentes

Actualmente ya existen ejemplos de aplicación de la metodología BIM al mantenimiento de puentes. En 2015 la autoridad portuaria de Sydney presentó el modelo de mantenimiento del puente Pyrmont. Para gestionar el modelo, se empleó la plataforma Zuuse. En la figura 2 pueden observarse en amarillo y rojo los elementos que han sufrido mayor deterioro desde su construcción.

Otra experiencia relevante en mantenimiento es la desarrollada por Minehaine et al [4]. En este trabajo se exploran vías de integración de la metodología BIM en la gestión del patrimonio y evaluación estructural de puentes mediante el ejemplo concreto del viaducto de Chetwynd en Irlanda. Para la generación del modelo BIM se obtuvieron nubes de puntos por medio de escáner láser para conseguir información precisa sobre la realidad geométrica de la estructura.

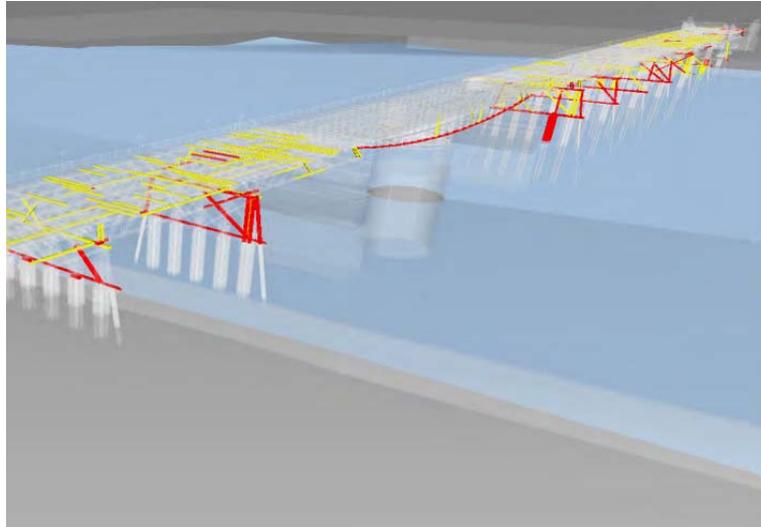


Fig 2. Modelo para mantenimiento del puente Pyrmont. 2015. Sydney Harbour Foreshore Authority.

La nube de puntos obtenida fue empleada como base para la generación de un modelo en Autocad 3D y otro de Revit. Las conclusiones del estudio muestran que el empleo del modelo BIM para la gestión del patrimonio ofrece ventajas notables con respecto a la aproximación tradicional, puesto que permite centralizar en un archivo la información relevante para el mantenimiento del puente.

3 SISTEMA DE REFERENCIA EN EL PROYECTO DE PUENTES

La mayor parte de los problemas que aparecen al intentar aplicar la metodología BIM a proyectos de puentes tiene su origen en la imposibilidad de emplear sistemas de referencia adecuados al proyecto de obras lineales. Como se ha indicado anteriormente, las plataformas de software BIM trabajan sobre elementos planos de referencia horizontales y verticales, mientras que las obras lineales se organizan alrededor de curvas tridimensionales.

Haciendo uso de las herramientas disponibles en las plataformas comerciales resulta muy complicado modelar siquiera una curva espacial que represente el eje de la infraestructura. En respuesta a esta necesidad, han surgido flujos de trabajo basados en herramientas accesorias a las plataformas de software como Dynamo. Una muestra de ello es la propuesta metodológica de Stark y Secerbegovic [3] en la que la generación del eje se basa en listados de puntos tridimensionales con su correspondiente punto kilométrico. A partir de esta información, se emplean rutinas desarrolladas en Dynamo para materializar el eje, posicionar secciones y generar los volúmenes correspondientes a los distintos elementos del puente que se organizan alrededor de este. Estos desarrollos agilizan notablemente la generación de los ejes de referencia y el trabajo de modelado, pero requieren que los usuarios tengan conocimientos avanzados de las herramientas. Además, existen puntos en el flujo de trabajo propuesto en los que se pierde la conexión entre los elementos generados

y los parámetros que controlan su posición y dimensiones, lo cual implica la necesidad de repetir el proceso completo de generación de geometría cuando se produce un cambio.

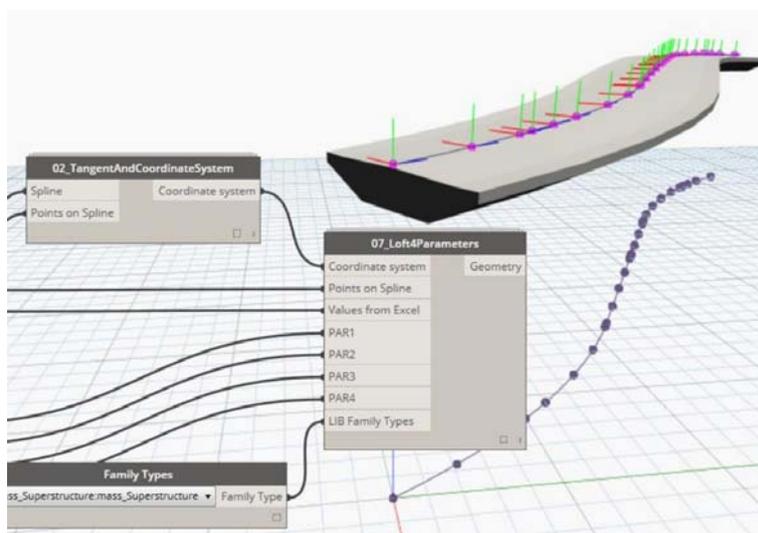


Fig 3. Flujo de trabajo basado en Dynamo. Extraído de Stark y Secerbegovic [3].

Para que el empleo de la metodología BIM en el proyecto de puentes sea eficiente resulta fundamental que las herramientas tengan la capacidad de definir los elementos con respecto a un eje tridimensional, de manera estable y con referencia a los parámetros generalmente empleados en este tipo de proyectos.



Fig 4. Vista del corte longitudinal de un puente cajón de canto variable generado con la herramienta desarrollada por Fhecor.

Dado que incluso con el empleo de herramientas como Dynamo esto resulta complicado, Fhecor ha desarrollado sus propias herramientas que permiten definir puentes cajón, puentes losa y puentes de vigas a partir de los datos de trazado del eje y de las características de los elementos que lo componen. Esto ha implicado desarrollar un motor

de cálculo de replanteo que sea capaz de reproducir la geometría del eje de trazado a partir del estado de alineaciones, que contiene además información sobre el P.K. que corresponde a cada punto del eje. Una vez obtenida la curva espacial del eje, es posible generar modelos BIM de los puentes empleando los datos que habitualmente se manejan en este tipo de proyectos. De este modo, se consigue definir los elementos del puente en base a los P.K. en los que se ubican, obteniendo una geometría adaptada al trazado de la estructura y que puede ser modificada fácilmente en base a parámetros básicos de la obra.

4 RELACIÓN ENTRE ELEMENTOS DEL PUENTE

Los elementos de la infraestructura de un puente están fuertemente condicionados por la geometría de la superestructura. Establecer correctamente las relaciones entre elementos de la estructura es fundamental para obtener modelos de una precisión razonable que permitan proyectar la estructura de un modo fiable.

La geometría de elementos como las camas de nivelación de los aparatos de apoyo elastoméricos o la disposición de las vigas cargadero en las líneas de apoyo dependen directamente de la geometría de superestructura proyectada. Definir estos elementos de manera manual en las plataformas existentes vuelve a resultar poco eficiente, puesto que obliga a generar una gran cantidad de elementos de referencia auxiliares para poder modelar adecuadamente los elementos. Además, si se producen cambios es necesario repetir todo el trabajo de ajuste de geometría.

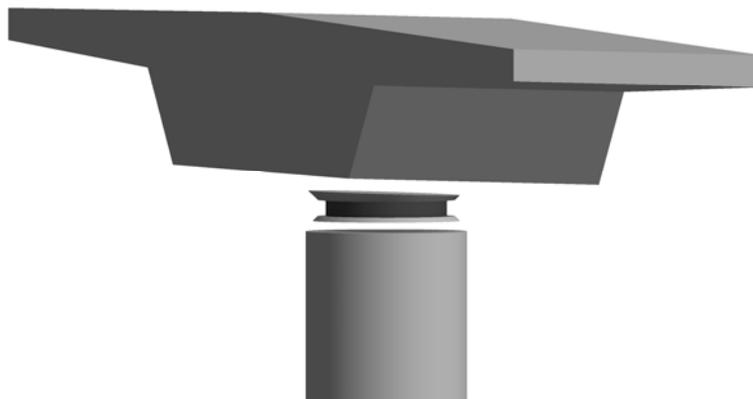


Fig 5. Vista desplazada de tablero, apoyo circular y pila.

La herramienta desarrollada por Fhecor realiza todas estas operaciones de manera automática, permitiendo definir los elementos del puente de manera precisa a partir de sus propiedades. De este modo, para definir un aparato de apoyo en un puente losa, basta con indicar la pila/estribo a la que pertenece, distancia horizontal al centro de la sección, su tipología y dimensiones.

En la figura 5 puede observarse un ejemplo en el que la cama de nivelación superior de un apoyo elastomérico circular se ha generado con base en la pendiente de la superficie inferior del tablero.

En el caso de los tableros de vigas, sólo es necesario especificar la tipología y dimensiones del apoyo en cada pila. El programa posiciona automáticamente los apoyos en los extremos de las vigas y ajusta la altura de la cama inferior para compatibilizar la posición de la viga a la que sirve con la del cargadero. Además, la herramienta ajusta la pendiente de la cama superior a la pendiente de la viga. En la Figura 6 pueden observarse los elementos que componen la pila de un puente de vigas con pendiente a 2 aguas en el que las vigas siguen la pendiente de la losa y, por tanto, tienen mayor cota en la parte central.

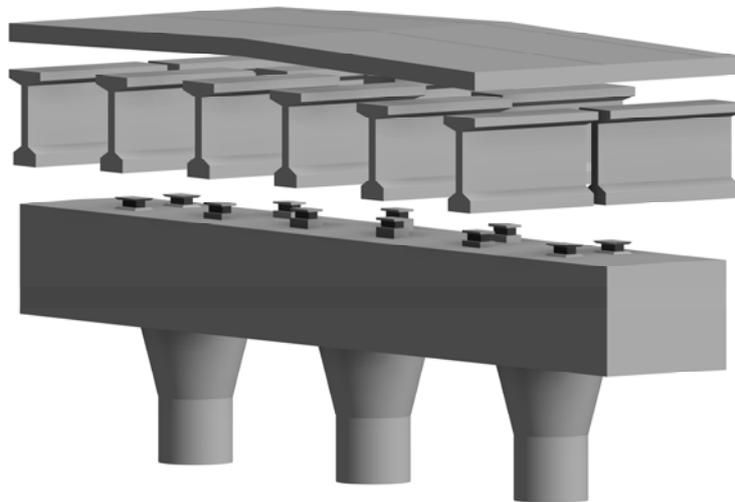


Fig 6. Vista desplazada de la losa, vigas, apoyos rectangulares de altura variable y pila.

Del mismo modo, los estribos deben ser compatibles con la geometría del tablero y contemplar la posibilidad de que exista esviaje. Adaptar manualmente la geometría de los estribos de un puente que tiene pendiente longitudinal, peralte y esviaje requiere una gran cantidad de trabajo que además no es aprovechable si se produce un cambio de geometría. Para evitar este proceso, se ha incluido la generación de estribos en el desarrollo realizado, de manera que basta con indicar la tipología de estribo que se quiere emplear (abierto, cerrado o flotante), las dimensiones de sus partes y su esviaje para generarlo.

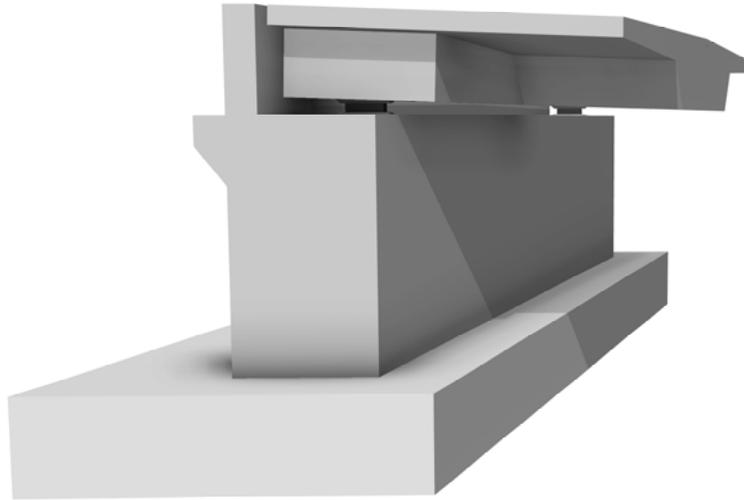


Fig 7. Estribo esviado de un puente con pendiente longitudinal.

En la figura 7 se muestra el estribo esviado de un puente losa con pendiente longitudinal. Tanto el estribo como los apoyos se adaptan para ajustarse a las restricciones impuestas por el tablero y la cimentación.

5 REPRESENTACIÓN GRÁFICA BIDIMENSIONAL

En el proyecto de puentes se hace uso de representaciones de la estructura particulares que son significativamente diferentes a las que se emplean en los proyectos de edificación. En el proyecto de estructuras viarias se emplean generalmente vistas en planta, alzados longitudinales desarrollados y secciones transversales.

Las vistas en planta no presentan inconvenientes si se gestionan adecuadamente los parámetros de visibilidad. El único cambio que implica la generación de la planta a partir de un modelo BIM es la presencia en el plano de algunas caras de los elementos que hasta el momento no se representaban, como por ejemplo las caras de extremas de las vigas prefabricadas en puentes con pendiente longitudinal.

En cuanto a las secciones transversales, éstas suelen ser perpendiculares al eje de la estructura. Cuando este eje tiene curvatura tridimensional, resulta muy laborioso crear secciones perpendiculares en un punto concreto de la estructura. En [3] se dan algunas claves para la generación de estas secciones en Revit por medio de Dynamo. Dentro de las utilidades desarrolladas por Fhecor, se ha incluido una herramienta que permite generar una sección en Revit perpendicular a la estructura en el P.K. que indique el usuario.

Además, Revit sigue teniendo problemas para acotar secciones de elementos curvos, dado que fija las referencias de las cotas en los puntos iniciales y finales de los bordes acotados, con lo que las acotaciones generadas no se corresponden con los contornos representados. Para paliar esto, la herramienta desarrollada por Fhecor hace uso de las propias secciones empleadas para generar los volúmenes de los elementos. Que los elementos incluyan las

secciones que los generan como entes “independientes” implica que se debe hacer una gestión adecuada de la visibilidad de estos elementos anidados. En la figura 8 puede observarse el resultado obtenido al emplear el sistema implementado en las herramientas de Fhecor.

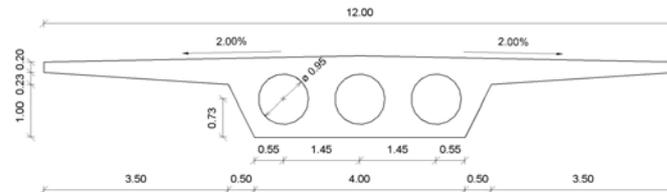


Fig 8. Sección transversal en Revit de un puente losa con aligeramientos circulares.

Por último, los alzados longitudinales desarrollados son en realidad una abstracción de la estructura. La superficie sobre la que se realiza esta representación es la que contiene al eje de la estructura y a la vertical. Sobre esta superficie se representa el alzado longitudinal de la estructura. En Revit no es posible crear secciones curvas ni mucho menos alzados curvos. Actualmente, junto a la dificultad de detallar las armaduras en 3D, esta es una de las principales limitaciones que presenta la herramienta para su empleo en el proyecto de puentes.

6 CONCLUSIONES

El departamento de I+D+i de Fhecor Ingenieros Consultores ha conseguido notables avances en la adaptación de la metodología BIM al proyecto de puentes. Gracias a las herramientas desarrolladas es posible emplear las variables habituales en el proyecto de puentes en la aplicación de la metodología BIM. Se ha agilizado la generación de los elementos que componen los puentes de diversas tipologías, alcanzando la precisión deseada en la definición geométrica. Además, se han desarrollado herramientas que permiten generar vistas adaptadas a la geometría de las obras y que agilizan notablemente el proceso de documentación del proyecto.

Como resultado se ha obtenido una herramienta que, si bien todavía no cubre todas las necesidades del proyecto de estructuras viarias, permite obtener modelos BIM que pueden ser empleados para extraer mediciones precisas, replanteos detallados y mejorar la comprensión de la realidad geométrica de los proyectos desarrollados.

Sin embargo todavía quedan aspectos a mejorar para que la metodología BIM sea aplicable de un modo eficiente al proyecto de puentes. La inclusión de las armaduras activas y pasivas en los modelos, la adecuada documentación de estos elementos y la generación de secciones longitudinales desarrolladas son algunos de los aspectos sobre los que resulta necesario enfocar los esfuerzos futuros en este ámbito.



7 REFERENCIAS

- [1] Park J., Lee H. y Kwak P. (2015). Case study analysis on the application of BIM in Korea's civil engineering industry and securing of interoperability of BIM models. *Advanced Science and Technology Letters Vol.99 (ITCS 2015)*, pp.51-55.
- [2] *Stufenplan Digitales Planen und Bauen (2015)*. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur.
- [3] Stark M., Secerbegovic L. (2015). *REVITalize Bridge Design*. AUTODESK University. CI11198.
- [4] Minehane M., Ruane K., O'Keeffe B., O'Sullivan G. y McKenna T. (2015) Developing an 'as-is' Bridge Information Model (BrIM) for a Heritage Listed Viaduct. *Proceedings of CITA BIM Gathering 2015*. ISBN 978-0-9573957-0-3. pp. 181-188.
- [5] Kivimäki, T. Heikkilä, R. (2010) Bridge Information Modeling (BrIM) and model utilization at worksites in Finland. *Proceedings of 27th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2010)*.



CONEXIÓN DE BASES DE DATOS BIM CON BASES DE DATOS DOCUMENTALES PARA EL REGISTRO DE LOS BIENES PATRIMONIALES

García Valdecabres, Jorge Luis (1), Salvador García, Elena (2), March Oliver, Rubén (3)

- (1) Doctor Arquitecto. Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica. U.P.V. Investigador principal del equipo investigación SJ. jgvalde@ega.upv.es
- (2) Doctoranda en Arquitectura, Edificación, Urbanística y Paisaje. Máster en Conservación del Patrimonio Arquitectónico, especialidad de Gestión. U.P.V. Ingeniero Técnico en Diseño Industrial. Equipo investigación SJ. salvadorgarcia.elena@gmail.com.
- (3) Arquitecto Técnico. U.P.V. Equipo investigación SJ. ruben.march.oliver@gmail.com

RESUMEN

El estudio y conocimiento de los bienes patrimoniales, implica el trabajo colaborativo de diferentes ámbitos profesionales. Tradicionalmente, cada disciplina ha realizado su trabajo de manera independiente, al margen del resto de agentes.

La metodología BIM ha demostrado ser el método más eficaz para compartir la información de los proyectos de edificación entre los distintos agentes que trabajan en entorno BIM. Sin embargo, en la arquitectura patrimonial, el método BIM resulta difícil de aplicar, al intervenir disciplinas que trabajan en entorno BIM y otras ajenas a este método.

La presente comunicación muestra los resultados de uno de los objetivos específicos del proyecto financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad titulado: "El diseño de una base de datos, modelo para la gestión de la información y del conocimiento del patrimonio del patrimonio".

Con el fin de mejorar el flujo de trabajo entre los profesionales que documentan los edificios patrimoniales, se desarrolla este novedoso sistema de conexión en red, entre la base de datos intrínseca de BIM y otras bases de datos documentales, mediante un Plug-in para Revit, un webapi, una base de datos SQL Server y un portal web. El portal web permitirá introducir, compartir y visualizar la información almacenada.

Palabras clave: *Bases de datos, BIM, Patrimonio, Plug-in, SQL Server*

ABSTRACT

The study and knowledge of heritage buildings involves quite collaborative work between different stakeholders. Traditionally, each discipline has independently completed its work, apart from other agents.

BIM methodology has proved to be the most effective technique to share project information with different stakeholders whom work in BIM. However, BIM methodology is difficult to apply to Historical Architecture field because disciplines which use BIM and those which not, work together.



The results of one specific objective of the project subsidized by the Spanish Ministry of Economy and Competitiveness entitled: "The Design of a Database, Management model for the Information and Knowledge of Architectural Heritage", are shown in this paper.

An innovative system of *in-cloud* connection will allow work-flow improvements between the different stakeholders whom document the monuments. Moreover, it connects the intrinsic BIM database with other documentary data bases using a Revit Plug-in, a web-api, a SQL Server and a web portal. The web portal will include: the introduction, sharing and visualization of stored information.

Keywords: *BIM, Database, Heritage, Plug-in, SQL Server.*

1 INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, la investigación y el estudio del patrimonio arquitectónico se han llevado a cabo por diferentes disciplinas, cuyos resultados se almacenan en archivos independientes. Esta situación, dificulta y exige un esfuerzo añadido por parte de los profesionales responsables de las futuras intervenciones para reunir toda la documentación dispersa generada anteriormente.

Las diversas instituciones nacionales e internacionales encargadas de conservar el legado patrimonial, coinciden y son conscientes de la importancia de documentar y registrar el Patrimonio Arquitectónico como herramienta fundamental para su efectiva gestión, protección y conservación. Todos los esfuerzos y las líneas de trabajo de estas instituciones, van orientadas a obtener fondos documentales vivos y en continuo crecimiento, cuya gestión y divulgación contribuya al conocimiento del Patrimonio Arquitectónico [1].

La metodología de trabajo colaborativo BIM ha supuesto una gran mejora para la gestión de los proyectos de construcción [2]. Su ámbito de aplicación a nivel internacional, se encuentra cada vez más extendido en el sector de la edificación, obra civil, arqueología [3] y, de manera incipiente, en la arquitectura patrimonial [4]. Esta metodología consta de un modelo digital 3D que contiene una base de datos intrínseca que puede dialogar con otras bases de datos alfanuméricas. Gracias a esta propiedad, se puede introducir, compartir y extraer información del modelo tridimensional. Además, permite integrar y sincronizar la información de las distintas disciplinas que intervienen en el proyecto, de forma simultánea y en tiempo real en un único archivo, mejorando así el flujo de trabajo y la eficacia de los procesos [5].

El Ministerio de Fomento de España siendo conocedor de las ventajas de este sistema, presentó en 2016 el Plan Nacional BIM para la implantación de la metodología BIM en España, mediante el cual persigue impulsar la implantación de BIM en la industria de la construcción española, fomentar el uso de BIM en todo el ciclo de vida de la edificación. Y promover la aplicación de "Open BIM", mediante formatos BIM abiertos y universales, que mejoren la interoperabilidad entre sí, además de impulsar el trabajo en la nube mediante BIG DATA.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

El Ministerio de Economía y Competitividad está financiado desde 2013 el proyecto de investigación, titulado “El diseño de una base de datos, modelo para la gestión de la información y del conocimiento del patrimonio arquitectónico” y referencia HAR2013-41614-R, cuya investigación se centra en la aplicación de la metodología BIM para el registro y conocimiento del patrimonio arquitectónico. Los objetivos principales que persigue este proyecto tienen además una notable analogía con los recientes principios del Plan Nacional de implantación de BIM que promueve el Ministerio de Fomento.

1.1 Estado del arte

El estudio previo del estado del arte y la consulta con expertos BIM sobre la existencia de algún sistema que permitiese la vinculación de la información gráfica y documental generada por las distintas disciplinas que registran los edificios patrimoniales, nos ha permitido verificar que no se encuentra disponible en el mercado ningún plug-in ni software específico para este uso, ya que únicamente se han desarrollado metodologías a nivel científico [6]. Por este motivo, se ha decidido desarrollar un sistema personalizado en colaboración con el ITI (Instituto de Tecnologías Informáticas) de la Universitat Politècnica de València.

2 OBJETIVOS

Con el fin de reunir y sincronizar la información del modelo tridimensional BIM y la información documental de las disciplinas que no trabajan en entorno BIM, la presente comunicación muestra los resultados de uno de los objetivos específicos del proyecto de investigación anteriormente citado: la conexión en red entre ambas bases de datos.

3 METODOLOGÍA

3.1 Metas que se desean alcanzar

En la reunión inicial entre el equipo de investigación y el equipo informático se especificaron las metas que se deseaban alcanzar:

- Generar una plataforma de trabajo para que los profesionales que no emplean la metodología BIM puedan introducir sus datos documentales.
- Desarrollar una base de datos que almacene y sincronice en la nube la información proveniente del modelo tridimensional BIM y la información documental de la plataforma de trabajo.
- Permitir que una sección de la plataforma de trabajo sea de acceso libre para consultar la información de los edificios patrimoniales registrados.

BIM International Conference

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016



Fig 1. Reunión del equipo de investigación y el equipo informático. 2016. García Valldecabres, J.L.

3.2 Definición de los modelos de ficha y permisos de los perfiles

El equipo de investigación desarrolló tres modelos de ficha para registrar el edificio patrimonial: un modelo para el monumento completo, un modelo para los elementos arquitectónicos y otro para los elementos arqueológicos.

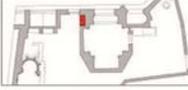
ARCOSOLIO		Familia Fernández de Heredia		BI	
Código	003-PS				
Identificación	Arcosolio				
Ubicación	Patio Sur				
DESCRIPCIÓN					
Tipología	Cementerio - Enterramiento noble				
Época	Medio S. XIV				
Autor	Desconocido				
Estilo Arquitectónico	Gótico				
Dimensiones	2,84 x 2,10 x 1,01 (m)				
Descripción y referencias históricas	La inscripción funeraria se encuentra ubicada junto a la puerta de la Iglesia de San Juan del Hospital, que da acceso al Patio Sur, antiguo recinto cimiterial. Es de planta rectangular y sus medidas son 2,84 m de alto y 2,10 m de ancho. Posee policromías con la forma de la Cruz de los peregrinos y los brazos de los caballeros cruzados. La Familia Fernández de Heredia son descendientes de D. Juan Fernández de Heredia (1310-1396) que fue jefe de guerra y castillo.				

Fig 2. Ficha de un elemento arquitectónico. 2016. Salvador García, E.

Cada modelo de ficha contiene unos campos específicos. Estos campos se encuentran definidos como parámetros de proyecto de la plantilla de Revit y programados en la base de datos documental vacía.

BIM International Conference

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016

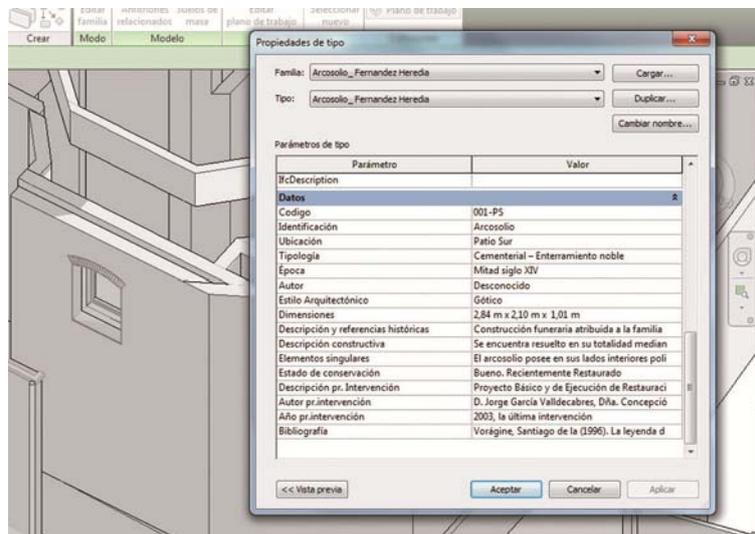


Fig 3. Predefinir campos en los parámetros de proyecto del archivo de Revit. 2016. March Oliver, R.

Los campos llevan implícitos los permisos de edición dependiendo del perfil del profesional. Cada perfil podrá visualizar todos los campos y editar únicamente aquellos campos de los que tengan permiso de edición. De esta manera cada perfil profesional se hace cargo de los campos que son propios de su materia.

Los perfiles profesionales que trabajan en entorno BIM, como el arquitecto, arquitecto técnico, arqueólogo e ingeniero, pueden introducir, editar y visualizar los campos de los elementos del modelo tridimensional desde el programa Revit.

Los perfiles profesionales que no trabajan en entorno BIM, como el historiador, historiador del arte y gestor del monumento, pueden introducir, editar y visualizar los campos de los distintos elementos desde el portal web.

3.3 Arquitectura del sistema

Los productos desarrollados por el equipo informático para la conexión de las bases de datos consisten en:

- Un PLUG-IN que consta de un api del SDK de REVIT. Este plug-in recupera información del modelo REVIT y consume el WebApi para sincronizar los datos del servidor SQL con el archivo BIM.
- Un WebApi. Se trata de un Interfaz de programación de aplicaciones publicada en el servidor web. El PLUG-IN se conecta a este WebApi para intercambiar información. El WebApi es independiente del PLUG-IN y podría ser consumido por otro tipo de aplicación, por ejemplo una app móvil.
- El Revit Core es un paquete de librerías DLL que se encarga de gestionar la capa de negocio y el acceso a los datos.

- Una base de datos SQLServer que está basado en un modelo relacional y permite trabajar en un modo cliente-servidor. Almacena la información en la nube, soporta millones de registros y no tiene limitación de usuarios.
- Un portal web que facilita la introducción, edición y consulta de datos, principalmente para los perfiles profesionales que no trabajan en entorno BIM como los historiadores, historiadores del arte o gestores del monumento.

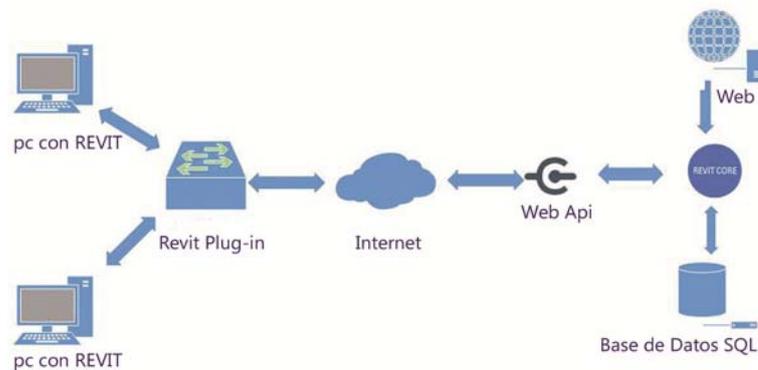


Fig 4. Arquitectura informática. 2016. ITI

3.4 Flujo de trabajo

El portal web dispone de una página de inicio que ofrece la opción para “Crear tu monumento”.



Fig 5. Página de inicio del portal web. 2016. ITI

El gestor solicita al Administrador del portal, el registro de un nuevo edificio patrimonial, introduciendo algunos datos básicos del edificio, del propio gestor y de la empresa a la que pertenece.

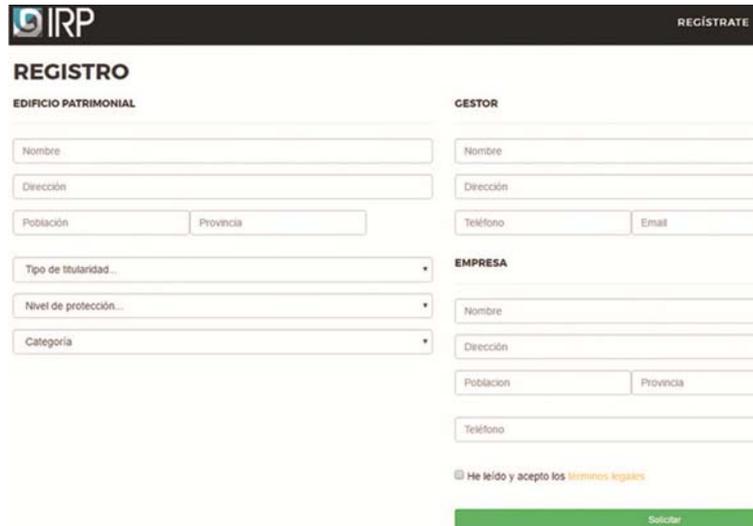


Fig 6. Registro del nuevo edificio en el portal web. 2016. ITI

El Administrador recibe la solicitud del nuevo registro, verifica que se trata de un edificio patrimonial existente, confirma la aceptación de la solicitud y le facilita al gestor sus credenciales para acceder a la zona restringida del portal web.

Cuando el Administrador acepta el monumento, se crea automáticamente un directorio con la información esencial del monumento y genera copias de las plantillas sobre los que se trabajará en Revit para el registro del monumento. Este directorio contiene una ID de enlace, que se trasmite a los archivos generados, de manera que establece un vínculo entre estos archivos y la base de datos de la nube. Complementariamente, existe la posibilidad de enlazar proyectos ya iniciados con un directorio existente de la web.

El gestor accede al portal con sus credenciales, completa la información del edificio, da de alta al equipo de trabajo con su perfil correspondiente y por último define los sectores y los elementos de cada sector.

BIM International Conference

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016



Fig 7. Ficha general del monumento y definición de sectores y elementos. 2016. ITI

El sistema genera y remite por correo electrónico, una invitación automática a los profesionales dados de alta por el gestor o bien a profesionales ya registrados en la web y les facilita alguna información acerca del bien de estudio. Cuando los profesionales aceptan la invitación, el gestor se pone en contacto con ellos para detallar las condiciones del encargo profesional y si todas las partes están de acuerdo, se formaliza el encargo.

Inicialmente, el gestor organiza una visita previa al bien patrimonial con todo el equipo de trabajo. A partir de ese momento, los profesionales trabajan de manera simultánea.

El arquitecto, el ingeniero de la edificación y de instalaciones, trabajan sobre el archivo de proyecto vacío Revit que contiene la plantilla patrimonial, modelan en BIM el estado actual del bien e introducen y sincronizan en tiempo real, la información arquitectónica de los elementos predefinidos.

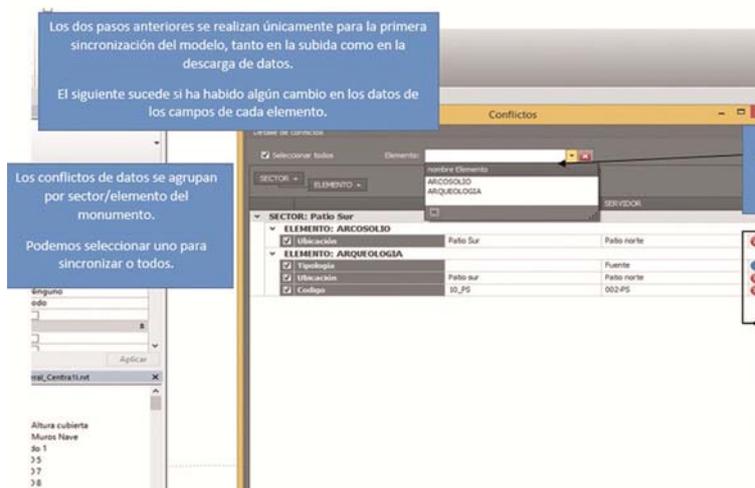


Fig 8. Plug-in de sincronización entre Revit y la Base de datos. 2016. ITI



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

Por otro lado, el historiador e historiador del arte realiza las investigaciones históricas necesarias, y tras hacer una labor de síntesis, accede al portal haciendo uso de sus credenciales e introduce la información de sus campos, que automáticamente se sincroniza con la información del modelo BIM.

El arqueólogo participará en una fase posterior al estudio previo, cuando la institución que tutela su conservación considere necesaria la realización de campañas arqueológicas para despejar dudas acerca de la evolución constructiva del edificio y revelar la presencia de restos de construcciones y enseres de civilizaciones anteriores. El arqueólogo registra los resultados obtenidos de las excavaciones arqueológicas, modelando en BIM e introduciendo la información en un sub-proyecto que se vincula con el archivo central.

4 RESULTADOS

Los ensayos realizados en los productos informáticos desarrollados, han proporcionado unos resultados satisfactorios.

El Plug-in de Revit sincroniza con éxito la información de los elementos modelados en Revit y la información que se visualiza a través del portal web.

El portal web, a su vez, dispone de una navegación sencilla e intuitiva. Se compone de un total de ocho pantallas cuyos enlaces, mensajes automáticos y permisos, funcionan perfectamente. No obstante, antes de poner el producto a disposición de la sociedad, se tiene previsto realizar algunos ensayos con profesionales externos al proyecto, con el fin de detectar pequeños errores y aportar mejoras en la usabilidad del portal web.

5 CONCLUSIONES

El desarrollo de este sistema de conexión de las bases de datos BIM y bases de datos documentales, agiliza el flujo de trabajo entre los distintos profesionales que registran los edificios patrimoniales y mejora la interconexión de todos los datos, generando finalmente un registro de mayor calidad.

La base de datos SQLServer ha permitido almacenar la información en la nube, de manera que la interoperabilidad entre profesionales que se encuentran separados geográficamente es más eficaz y sencilla. La información de todas las disciplinas queda almacenada en una misma base de datos, facilitando enormemente el trabajo de los futuros profesionales que se encarguen de la intervención, gestión, difusión y mantenimiento del edificio patrimonial durante todo su ciclo de vida.

El portal web facilita la consulta e introducción de la información de los profesionales, que no trabajan en entorno BIM. Además, permite el acceso a la información desde cualquier equipo que tenga conexión a internet, de manera que incluso las disciplinas que trabajan



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

con BIM, pueden acceder al portal web cuando lo consideren, para introducir y editar sus campos. El diseño Responsive del portal favorece la lectura en dispositivos móviles como tablets y teléfonos móviles.

La sociedad se beneficiará del uso de este producto porque la información rigurosa desarrollada por profesionales y expertos en el campo del Patrimonio Arquitectónico quedará a disposición pública a través del portal web. De este modo se acerca la ciencia a la sociedad y deja de ser un bien exclusivo de científicos.

La necesidad de elaborar un registro de los bienes patrimoniales mediante metodología BIM, implicará la necesidad de emplear técnicos capacitados y su difusión entre la sociedad hará necesario el diseño de nuevas aplicaciones.

6 REFERENCIAS

- [1] <http://ipce.mcu.es> [Consultada el 5 de marzo de 2016].
- [2] <http://www.onilsa.com/plan-nacional-bim/> [Consultada el 2 de mayo de 2016].
- [3] Dore, C., Murphy, M. (2012) Integration of HBIM and 3D GIS for Digital Heritage Modelling, Digital Documentation, 22-23, October, 2012 Edinburgh, Scotland.
- [4] Nieto Julián, J.E. y Moyano Campos J. J. (2014). El estudio paramental en el modelo de información del edificio histórico o "Proyecto HBIM. Virtual Archaeology Review, vol 5 nº 11 73-85.
- [5] Sackey, E., Tuuli, M., and Dainty, A., (2015). "Sociotechnical Systems Approach to BIM Implementation in a Multidisciplinary Construction Context." J. Manage. Eng. 31, SPECIAL ISSUE: Information and Communication Technology (ICT) in AEC Organizations: Assessment of Impact on Work Practices, Project Delivery, and Organizational Behavior, A4014005.
- [6] Sung Cha H. y Dong Gun L. (2014). A case study of time/cost analysis for aged-housing renovation using a pre-made BIM Database structure. Construction Management, 841-852.



ESCANEADO DE REALIDADES PARA GENERACIÓN DE MODELOS DE INGENIERÍA

**Santamarta Martínez, Jaime (1), Gallo Salazar, Paula (2), Alonso Guinea, David (3),
Martín Cuenca, Miguel Ángel (4)**

- (1) Head of BIM, Acciona Ingeniería, jaime.santamarta.martinez@acciona.com
- (2) BIM Project Manager, Acciona Ingeniería, paulamaria.gallo.salazar@acciona.com
- (3) BIM Project Manager, Acciona Ingeniería, David.Alonso.Guinea@acciona.com
- (4) BIM Modeller, Acciona Ingeniería, miguelangel.martin.cuenca@acciona.com

RESUMEN

El modelado de infraestructuras existentes a partir de datos obtenidos de un escaneado tridimensional supone un enorme progreso en lo que hasta ahora se entendía como levantamiento planimétrico. Su aplicación más allá de la edificación, es decir, en infraestructuras civiles y plantas industriales, significa un aporte tecnológico que posibilita el acercamiento de la realidad ejecutada al proyecto as-built. Esto además incide de manera significativa en la optimización tanto de los propios procesos constructivos como en el control y planificación de los avances de obra.

El modelado se realiza a partir de nubes de puntos y fotografías 360º obtenidas del escaneado 3D. Éstas se registran, tratan y limpian para posteriormente, procesarlas de manera que, mediante un mallado basado en triangulaciones, todos los componentes capturados sean identificables y en consecuencia modelables.

Tomando como casos modelo tres proyectos desarrollados por Acciona Ingeniería, se ponen en relevancia las diferencias y similitudes en el tratamiento de las nubes de puntos y sus ventajas según la disciplina y tipología del proyecto del que se trate (casos de infraestructura civil, planta industrial y edificación). La aplicación de esta tecnología en ingeniería garantiza la precisión, optimización de tiempos y procesos, así como la calidad final del proyecto.

Palabras clave: *escaneado, fotografías, ingeniería, modelado, puntos.*

ABSTRACT

Modelling existing infrastructures using data obtained from a three-dimensional scanning represents a quantum leap in what it is known as topographic mapping. Its application beyond building construction, in other words, in civil infrastructure and industrial plants, represents a technological contribution which allows an approach between what really has been built and the as-built project. This also affects very significantly both to the optimization construction processes and the control and planning works of the follow up.

Modelling is performed using point clouds and 360 photographs obtained from 3D scanning. These are recorded, treated and cleaned. Subsequently, they are processed so that, by



triangulation based on meshing, every captured component is identifiable and accordingly modelled.

Taking into account these three study cases related with projects carried out by Acciona Engineering, it can be highlighted in the first instance, the differences and similarities when treating point clouds, as well as its advantages depending on the discipline and type of project developed. The use of this technology in engineering design, ensures precision, optimization of runtimes and processes as well as final quality of the project.

Key words: *scan, photography, engineering, modelling, points.*

1 INTRODUCCIÓN

El modelado BIM de infraestructuras existentes a partir de datos obtenidos de un escaneado tridimensional supone un enorme progreso en lo que hasta ahora se entendía como levantamiento planimétrico. Su aplicación más allá de la edificación, es decir, en infraestructuras civiles y plantas industriales, significa un aporte tecnológico que posibilita el acercamiento de la realidad ejecutada al proyecto as-built. El empleo de esta tecnología en ingeniería garantiza además la precisión, optimización de tiempos y procesos, así como la calidad final del proyecto.

2 OBJETIVOS

Tomando como casos modelo los tres proyectos desarrollados por Acciona Ingeniería que se describen más adelante, se establece como **objetivo principal** poner en relevancia las diferencias y similitudes en el tratamiento de las nubes de puntos así como sus ventajas según la disciplina y tipología del proyecto del cual se desee generar un modelo BIM.

Adicionalmente, se plantean los siguientes **objetivos específicos** para cada caso experimental en concreto:

2.1 Caso de la infraestructura civil

En una obra de excavación en túnel, mediante el modelado a partir de escaneado 3D se pretende efectuar el seguimiento de la ejecución de la obra. En el modelo se incluyen los datos y elementos realmente ejecutados para compararlos con los proyectados, y obtener así mediciones del volumen de tierras excavado o cantidades de hormigón proyectado para el sostenimiento de los túneles.

Asimismo, se establece como objetivo específico, la verificación del cumplimiento de los gálibos mínimos de excavación. En aquellos lugares donde se produzca interferencia entre puntos teóricos y capturados, se podrá fijar la necesidad de perfilar la excavación al tratarse de zonas de incumplimiento.

2.2 Caso de la planta industrial

El objetivo específico en la aplicación de esta metodología partiendo de la obtención de una nube de puntos es la coordinación de los procesos de diseño y cálculo de las disciplinas de instalaciones y estructuras, necesaria en este tipo de trabajos en los que se requiere una precisión que no se alcanzaría utilizando los métodos tradicionales.

Mediante software específico de piping se dota de inteligencia al modelo, pudiéndose proceder al diseño de nuevos trazados de tuberías y al modelado de nuevos racks estructurales.

2.3 Caso de la edificación

El modelo BIM obtenido debe responder fielmente al estado actual del edificio de tal modo que pueda realizarse un proyecto de reforma, un facility management o recorridos virtuales inmersivos.

La información gráfica que se obtiene del mismo, permite llevar a cabo labores comerciales e inmobiliarias. El objetivo último no es otro sino poder utilizar dicha documentación para estudiar y valorar posibles alternativas de redistribución interior del edificio y poder mostrar de manera interactiva el resultado de los diferentes entornos propuestos.

3 METODOLOGÍA

La generación de un modelo BIM a partir de nubes de puntos y fotografías 360º obtenidas de un escaneado 3D requiere de una metodología clara, unívoca y procedimentada para conseguir el resultado preciso y cualitativo deseado. En este sentido, las nubes de puntos se registran, se tratan y se limpian [1] para posteriormente, procesarlas de manera que, mediante un mallado basado en triangulaciones, todos los componentes capturados sean identificables y en consecuencia modelables.

3.1 Datos de partida

Independientemente de la disciplina del proyecto en cuestión, a la hora de elaborar un modelo BIM a partir de un escaneado 3D, los datos de partida deben seguir un patrón común.

Los dos criterios más importantes a tener en cuenta previo a la realización del levantamiento de la nube de puntos deben ser los siguientes:

1. La **precisión** requerida en el proyecto debe definirse de manera específica. En términos generales, para un proyecto industrial precisión milimétrica, en un proyecto de obra civil y edificación precisión centimétrica.

2. El **sistema de coordenadas** a utilizar habitualmente vendrá definido por el pliego de condiciones técnicas del proyecto. Tanto si el sistema de coordenadas necesitado es oficial como si se trata simplemente es un sistema de coordenadas local, todos los estacionamientos que se realicen para la toma de datos tienen que estar referenciados entre sí y en el mismo sistema de coordenadas [3].

De estos dos criterios básicos, va a depender el instrumental y la metodología que el Ingeniero en Topografía vaya a utilizar para realizar el levantamiento de la nube de puntos.

Una vez realizado el escaneado 3D, se recomienda que la nube de puntos esté limpia, unificada, reclasificada y en el sistema de coordenadas definido [1]. En el caso en que la nube de puntos esté fragmentada, dichos fragmentos deberán estar en el mismo sistema de coordenadas y contener puntos de control u objetos representativos para poder llevar a cabo el ensamblaje tridimensional.

Por último, añadir que el archivo de nubes de puntos deberá tener un formato compatible con los programas informáticos de modelado BIM.

3.2 Caso de la infraestructura civil

El proyecto Follo Line (Noruega), consiste en una conexión ferroviaria de alta velocidad de 22 km de doble túnel entre la Estación Central de Oslo y el centro de transporte público de Ski, convirtiéndose así en el túnel ferroviario más largo del país.

El proyecto consta de una zona de aproximadamente 12 km de túneles de acceso y de evacuación, excavados por métodos tradicionales de donde partirán cuatro tuneladoras, dos de norte a sur hasta conectar con Ski y dos de sur a norte en dirección Oslo. Estos túneles irán enlazándose entre sí a lo largo de toda su longitud a través de 45 galerías de conexión.

En dicho proyecto de ingeniería civil, se elaboran dos modelos BIM. El primero de ellos compuesto por el proyecto de diseño (modelización digital de lo proyectado en ingeniería) y el segundo, relativo al proyecto de seguimiento de la obra (Follow Up) en el que se van incluyendo todos los datos y elementos que se van ejecutando día a día en la obra hasta su finalización (as built).

Para conseguir una representación real de la excavación de los túneles resulta necesario el uso de un láser escáner del cual se obtienen los archivos que contienen la información de la nube de puntos.

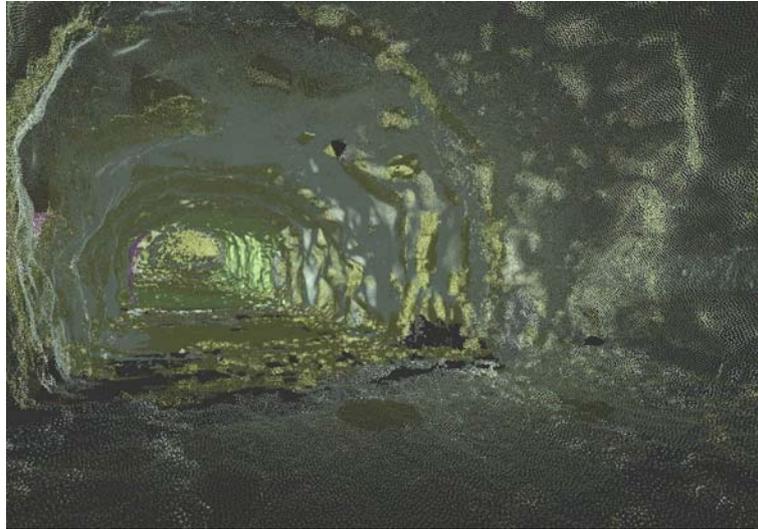


Fig 1. Captura de nube de puntos de excavación en roca. 2015. Acciona Ingeniería

La nube de puntos que se obtiene del escaneado se trata para limpiarla de puntos innecesarios antes de crear la malla. Muchas veces una densidad excesiva de puntos no favorece este proceso, convirtiendo el modelo de puntos en algo inmanejable. Es por ello que lo ideal es conseguir una distancia entre puntos óptima para que la superficie resultante sea fácil de manipular pero que a su vez contenga la máxima información y así lograr que el resultado sea lo más real posible.

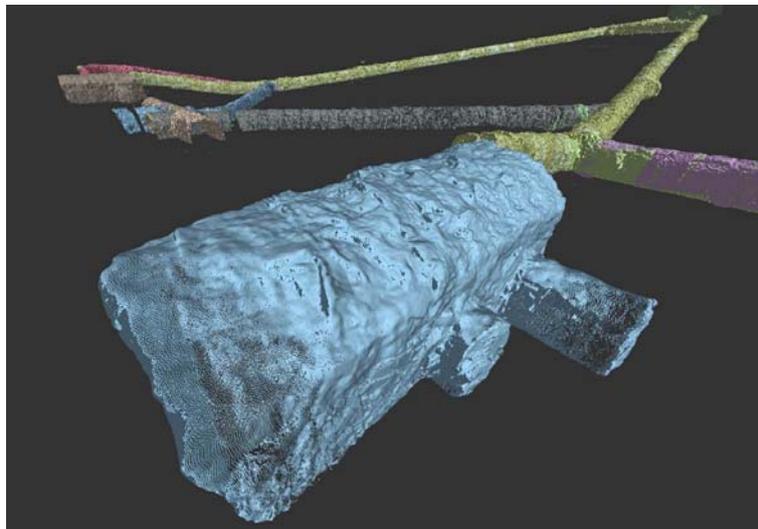


Fig 2. Ensamblaje de nubes de puntos. 2015. Acciona Ingeniería

En el caso que nos ocupa, se hace uso de software AutoCAD Civil3D e ISTRAM como motores de modelado. Con estos programas, desde el punto de vista topográfico, se pueden generar superficies basadas en puntos, pero presentan un inconveniente, y es que al tratarse de una superficie prácticamente cilíndrica, irregular y por consiguiente con zonas que superan los 90º de verticalidad, es necesaria la utilización de un programa complementario y específico de tratamiento de superficies con estas características.

Con el software Reshaper se genera la malla y se depura la nube de puntos hasta conseguir una triangulación homogénea y sin huecos, que posteriormente se exporta en forma de Caras3D y que al unir las proporcionan una única superficie para integrar al modelo.

Llegado este punto, ya se puede generar el modelo BIM con Civil 3D de la obra lineal proyectada en el interior del túnel con todos sus elementos. De esta manera se consigue una medición real y por consiguiente un presupuesto mucho más preciso ya que el modelo representa la situación exacta y actualizada en la que se encuentre la obra de manera fidedigna.



Fig 3. Modelado del túnel excavado en roca. 2015. Acciona Ingeniería

3.3 Caso de la planta industrial

En este caso, el proyecto consiste en el modelado BIM de un rack de tuberías existente para su posterior remodelación. En concreto, se trata de un proyecto de Asistencia Técnica en la Refinería de CEPSA situada en la localidad de San Roque, provincia de Cádiz.

La zona de actuación se ubica en el pantalán de amarre de barcos, específicamente en el nudo central donde confluyen los tres brazos del muelle artificial. Dicha zona se encuentra actualmente congestionada de tuberías debido al aumento de suministros realizados a lo largo de los años de servicio de la planta, necesitando una urgente reordenación de las mismas para lograr un funcionamiento y mantenimiento eficaz.

Para la redacción del proyecto se parte de un levantamiento topográfico de las tuberías actuales del nudo, posteriormente se diseña un nuevo trazado de tuberías de la forma más ordenada posible y finalmente se elabora la ingeniería de detalle de dos estructuras metálicas para el apoyo de la nueva distribución de tuberías proyectada.

BIM International Conference

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016

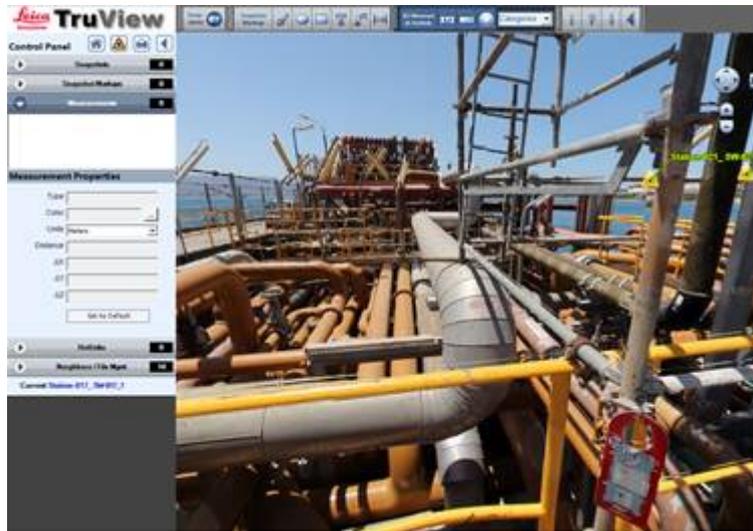


Fig 4. Nudo del Pantalán. 2015. Acciona Ingeniería

La primera fase, consistente en la obtención en campo de la topografía de la situación actual del trazado de tuberías mediante un escaneado láser 3D de alta definición, permite obtener una nube de puntos tridimensional, además de un reportaje fotográfico con panorámicas de 360° en el que se pueden identificar objetos y medir distancias, todo a través de la aplicación comercial “True View” de la marca Leica. Para el registro, proceso y limpieza de la nube de puntos obtenida con el láser escáner 3D se emplea el programa de Leica HDS Cyclone.

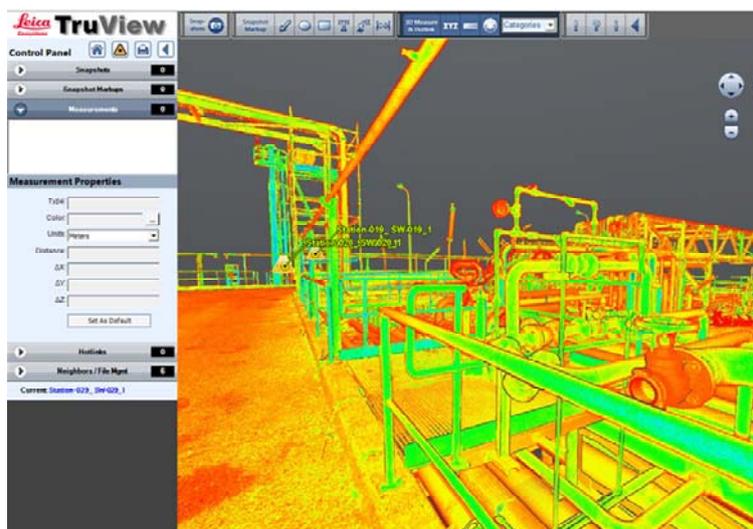


Fig 5. Captura de nube de puntos de tuberías. 2015. Acciona Ingeniería

A partir de aquí, se efectúa el modelado de los elementos existentes mediante el software Cyclone MODEL, obteniendo un modelo 3D (no inteligente) de las instalaciones existentes. Posteriormente, el tratamiento con el software SmartPlant 3D permite dotar de inteligencia al modelado de las instalaciones existentes pudiéndose proceder al diseño de los nuevos

trazados de tuberías, así como del propio rack incluyendo todas sus especificaciones técnicas y geométricas.

La segunda fase se centra en la realización de un nuevo trazado de tuberías que mejore la situación actual de la zona conflictiva del proyecto. Para ello, partiendo del modelo BIM realizado y con el software SmartPlant 3D se diseña el nuevo ruteado de las tuberías con el fin de obtener planos de implantación, isométricas de tuberías, soportes, materiales, así como los cálculos de stress necesarios mediante el software Caesar II.

La segunda fase se vincula a su vez con la tercera, que consiste en la ejecución de dos estructuras metálicas que sirvan de apoyo al nuevo ruteado diseñado de tuberías. Para el levantamiento de las estructuras se ha hecho uso del software de modelado Autodesk Revit, exportándose posteriormente para integrarlo en el modelo global de Smart Plant 3D y trabajar conjuntamente instalaciones y estructura, controlando en todo momento posibles colisiones entre disciplinas y planteando soluciones y mejoras.

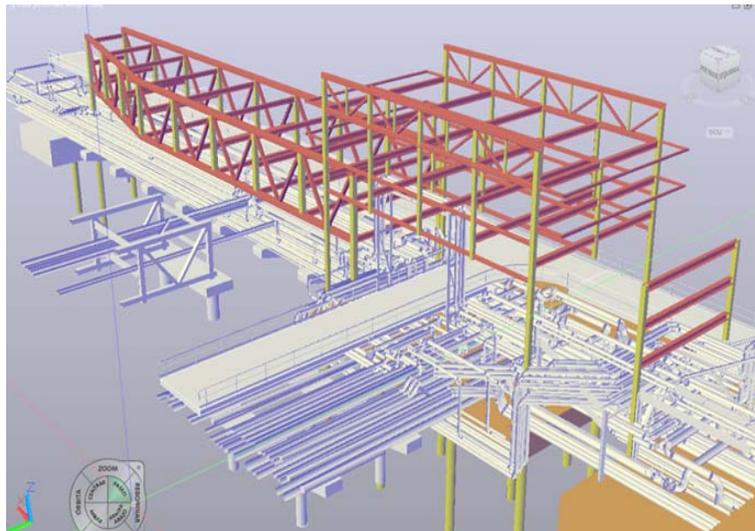


Fig 6. Modelado del nuevo rack estructural. 2015. Acciona Ingeniería

3.4 Caso de la edificación

El caso con el que se pretende mostrar la aplicación de técnicas de procesamiento y tratamiento de nubes de puntos en el campo de la edificación consiste en la generación de un modelo BIM de un edificio de oficinas existente, ubicado en la calle Albarracín de Madrid, del que no se tiene documentación as-built.

Se trata de un edificio de unos 25.000m² construidos de uso administrativo, desarrollado en cuatro alturas con un único nivel de sótano. Las plantas sobre rasante están destinadas a oficinas y el sótano alberga un aparcamiento de carácter exclusivo para el edificio.

BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

La toma de datos se lleva a cabo mediante herramientas de fotogrametría basadas en escaneados de infrarrojos que proporcionan una precisión de $\pm 5\text{cm}$ y de los que se obtienen nubes de puntos y fotografías 360°.

Una vez obtenidas las nubes de puntos se procesa la información con el software Meshlab para poder llevar a cabo el tratamiento de la nube y generar la malla 3D.

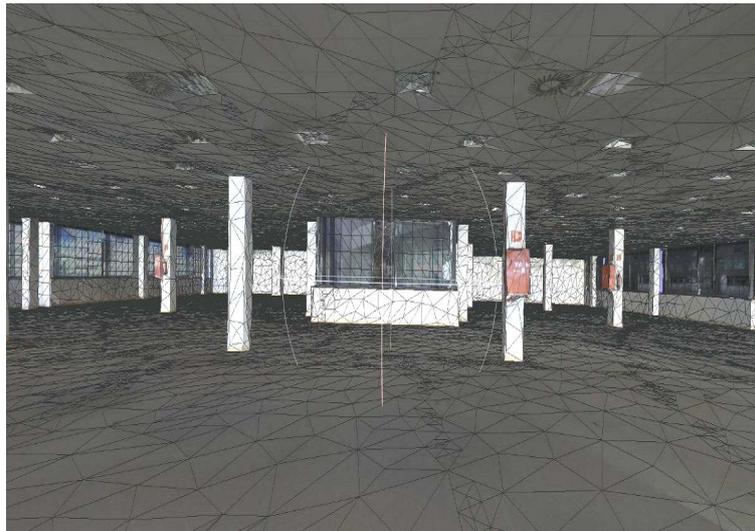


Fig 7. Mallado de la nube de puntos del edificio. 2015. Acciona Ingeniería

Para proceder al modelado BIM con el software Revit, existen programas y plugins tipo EdgeWise que identifican el conjunto de puntos de un elemento permitiendo su modelado de manera semi-automática.

No obstante, en el caso que nos ocupa, el proceso seguido ha consistido en un desarrollo más metódico donde a partir de la importación en Revit de las mallas 3D generadas con Meshlab, se construye el modelo BIM. Una vez en el entorno de Revit, estas mallas se seccionan tanto en planta como en alzado, de manera que sirvan de plantillas sobre las que las superficies de los elementos a modelar sean perfectamente identificables. Esto permite ir generando los diferentes componentes y sistemas constructivos que integran el modelo, con precisión en la definición de sus geometrías, dimensiones y despieces.

El empleo de la malla en Revit, a diferencia de la nube de puntos, que también se puede insertar en Revit, facilita el reconocimiento de elementos y el ajuste de los mismos a la hora de modelar cada uno de ellos partiendo de una biblioteca de familias previamente generada.

Gracias a las fotografías 360° se completa el modelo con toda aquella información referente a materiales, acabados y texturas pudiéndose llevar a cabo capturas de imagen que luego se asocian a los elementos del modelo BIM para darle una apariencia lo más ajustada a la realidad capturada.



Fig 8. Modelado de los interiores del edificio. 2015. Acciona Ingeniería

4 RESULTADOS

El tratamiento de las nubes de puntos presenta diferencias según la disciplina del proyecto que se trate. En cada caso se emplean unos instrumentos de captura distintos y también unos softwares de procesado y de modelado distintos. Pero sin embargo, en todos los casos hay una serie de aspectos metodológicos en común que no se pueden obviar. Estos son la definición previa de la precisión deseada, la referencia a un sistema de coordenadas, la limpieza de la nube de puntos capturada, el mallado mediante triangulaciones y la asociación de las mallas con elementos de modelo [2].

Atendiendo a los casos expuestos, se pueden recoger de manera resumida los resultados que se muestran a continuación y que dan cumplimiento a los objetivos específicos preestablecidos.

4.1 Caso de la infraestructura civil

En una obra de excavación en túnel, se consigue efectuar el seguimiento de la ejecución, se obtienen mediciones de los volúmenes de movimiento de tierras, cantidades de hormigón empleado y se verifica la validez de los gálibos.

4.2 Caso de la planta industrial

En una infraestructura industrial donde el piping es sustentado por un sistema estructural, se logra diseñar nuevos trazados de tuberías y nuevos racks estructurales sin conflictos de interferencias entre ellos.

4.3 Caso de la edificación

Se obtiene una documentación as-built del edificio gracias a un modelo tridimensional que restituye la totalidad del edificio escaneado y que responde fielmente a la realidad del inmueble. Su grado de detalle permite desarrollar una experiencia inmersiva en el modelo que acerca al usuario a la realidad de cada una de las alternativas de redistribución que sobre dicha maqueta virtual se puedan plantear.

5 CONCLUSIONES

El modelado BIM a partir de escaneados 3D sin duda permite abordar aspectos de la ingeniería y de la edificación hasta ahora complejos de tratar. La reconstrucción digital del estado actual de una edificación o de una infraestructura existente permite obtener información precisa en un entorno informatizado, donde el modelo no se queda únicamente en el diseño teórico del proyecto, sino que evoluciona hacia su convergencia con la realidad.

Esto en último término, ahorra costes y facilita el desarrollo de tareas subyacentes al diseño, como pueden ser procesos orientados a la acción comercial, al seguimiento de una obra o yendo más allá, a la posibilidad de utilizar el modelo como herramienta aplicada a la gestión, explotación y mantenimiento de los activos.

Pero para alcanzar estos fines, imperativamente debe seguirse una metodología o unos procedimientos que no generen dudas y con los que se pueda obtener un resultado verdaderamente útil. Así, el modelo BIM generado se convertirá en una herramienta virtual cuyo valor, calidad y funcionalidad destaque sobre los métodos tradicionales de hacer ingeniería.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Lerma García, José Luis & Biosca Tarongers, Josep Miquel. 2008. Teoría y Práctica del Escaneado Láser Terrestre. Material de aprendizaje basado en aplicaciones prácticas. 3DRiskMapping.
- [2] Ehm, M., Hesse, C., (2014). 3D-Laserscanning zur Erfassung von Gebäuden Building Information Modeling (BIM). Bericht Report, 91.
- [3] March Oliver, R., 2014. Manual de Metodología de tratamiento de nubes de puntos. Valencia 109-127.



FOCUS GROUP PARTICIPATIVO PARA VALIDAR EL MÉTODO DE REGISTRO MONUMENTAL HBIM

**García Valldecabres, Jorge Luis (1), Jordán Palomar, Isabel (2),
Salvador García, Elena (3)**

- (1) Doctor Arquitecto. Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica. U.P.V. Investigador principal del equipo investigación SJ. jgvalde@ega.upv.es
- (2) Doctoranda en Ingeniería de la Construcción. Máster en Conservación del Patrimonio Arquitectónico. U.P.V. Arquitecto, especialidad de Intervención. Equipo investigación SJ. isabeljordanar@outlook.es
- (3) Doctoranda en Arquitectura, Edificación, Urbanística y Paisaje. Máster en Conservación del Patrimonio Arquitectónico, especialidad de Gestión. U.P.V. Ingeniero Técnico en Diseño Industrial. Equipo investigación SJ. salvadorgarcia.elena@gmail.com.

RESUMEN

Se está realizando un proyecto de investigación que consiste en el diseño de un método teórico de adaptación de BIM a HBIM (Historic Building Information Modeling) para el registro de monumentos y en su aplicación a un ejemplo patrimonial. Para ello, se modeló en HBIM un monumento a nivel LOD 500 'as built' (nivel de desarrollo alto) partiendo de la nube de puntos, añadiendo al modelo datos históricos y documentales. Este modelo fue realizado por 4 profesionales trabajando en modelo central y sincronizado en BIM a nivel 3. Una vez elaborado el modelo, se requería la validación del método por lo que se decidió que el Focus group era la metodología científica más adecuada.

De este modo los objetivos son: validar el trabajo, descubrir los aspectos mejorables y reafirmar los procedimientos realizados correctamente. El método seguido para la validación fue el siguiente: a) preparación del Focus group b) presentación del ejemplo HBIM a los expertos, c) preguntas y debate entre los participantes, d) transcripción de las grabaciones y realización del listado de conclusiones validadas.

Se entiende que las respuestas consensuadas a las preguntas planteadas en las sesiones del Focus Group son conclusiones validadas para la investigación. En conclusión, esta metodología participativa de validación ha posibilitado un salto cualitativo en la realización del proyecto.

Palabras clave: BIM, Focus Group, HBIM, Registro.

ABSTRACT

A research project based on designing a theoretical method to adapt BIM to HBIM for monuments' registration and its practical application to a historic example has been developed. This application consisted of HBIM modelling at LOD 500 level 'as-built' (level of development) over the point cloud, adding also historical and documentary data. This model was done by 4 professionals working in a central model. Once the model was developed, the

validation of the method was required, so the focus group¹ was proposed as the most appropriate scientific methodology.

Therefore, the objectives are to validate the work, to determine the areas for improvement, and to reaffirm the correct proceeds. The validation method has the following steps: a) focus group preparation, b) HBIM model exposure showing also the difficulties to the BIM experts c) participants debate d) record transcription and list validated conclusions.

The consensual answers to the proposed questions in the focus groups sessions are established as validated conclusions for the research. In conclusion, this participative validation methodology has allowed a qualitative leap in the project.

Keywords: *BIM, Focus Group, HBIM, Registration.*

1 INTRODUCCIÓN

En 2013 fue concedido el proyecto de investigación titulado “El diseño de una base de datos, modelo para la gestión de la información y del conocimiento del patrimonio arquitectónico” HAR2013-41614-R; financiado por el Ministerio del Estado Español de Economía y Competitividad y que se está desarrollando en la actualidad. Este proyecto de investigación tiene un plazo de desarrollo de tres años, encontrándose en el último de ellos.



Fig 1. Esquema de desarrollo de Proyecto de Investigación. 2015. Jorge García Valdecabres.

La finalidad última de este proyecto es diseñar una aplicación en la que la información aportada desde las distintas disciplinas que intervienen en la Conservación del Patrimonio Arquitectónico (Arquitectura, Arqueología, Restauración, Historia...) pueda ser registrada de una forma organizada y sistematizada, ya que actualmente la información en torno al Patrimonio está muy dispersa. Se propone para este fin la metodología BIM, por los buenos resultados obtenidos en otros campos de la arquitectura, por disponer de una base de datos intrínseca y por tener la posibilidad de incluir la variable tiempo en el modelo. Además, su implantación en el sector de arquitectura histórica es todavía incipiente, por lo que existe una interesante área de aplicación.

¹ Focus group is a qualitative technique for studying opinions or public behaviours.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

Las particularidades de los Edificios Patrimoniales respecto de los de obra nueva son, entre otros, el uso de diferentes materiales y técnicas constructivas, una geometría generalmente más orgánica y que tienen unos valores históricos, culturales, arquitectónicos y artísticos que deben registrarse y protegerse para las futuras generaciones. Por Patrimonio Arquitectónico se entiende el conjunto de bienes edificados heredados del pasado de un país o de una ciudad. La razón por la que es tan importante el registro de los monumentos es tanto preservar la cultura histórica, como tener toda la información organizada y agrupada y, así, realizar las restauraciones e intervenciones con criterio.

Tras el estudio del **estado de la cuestión** se observa que HBIM comienza a utilizarse pero de manera parcial [1]. Por un lado, en Inglaterra y Holanda (2013), se realizan proyectos de rehabilitación partiendo de la plantilla arquitectónica BIM [2], pero sin realizar estudios históricos en HBIM. Por otro lado, en Italia (2014), se realizan estudios Histórico-Monumentales mediante BIM que culminan en un levantamiento gráfico tridimensional del bien arquitectónico, pero sin llegar a vincular datos al modelo, como en el caso de la Iglesia de *St. Maria in Scaria d'Intelvi* [3]. Lo que se propone en esta investigación es un proceso integral, es decir, realizar un levantamiento gráfico-histórico en HBIM, añadir información histórica y además vincular con una base de datos histórica externa. Puesto que no ha habido aplicaciones prácticas de HBIM y es un tema tan novedoso, se hace más necesario si cabe, el reunir a expertos para que opinen y contrasten ideas acerca del registro monumental HBIM.

Para llevar a cabo este proyecto se comenzó por diseñar un prototipo teórico de registro monumental que se aplicó al caso de estudio del Patio Sur de San Juan del Hospital, resultando un modelo BIM LOD 500. Todo este trabajo debía ser validado por expertos para tener consistencia científica y por ello a finales de 2015 se celebraron las sesiones de *Focus Group*, que es el tema de estudio de esta comunicación.

El *Focus Group* es un método de validación que consiste en la exposición de un producto o prototipo a un grupo de entre cinco y diez expertos dirigido por un moderador neutral. Durante la sesión, en primer lugar, se presenta el prototipo y después se plantean ordenadamente de cuatro a siete preguntas concretas. La finalidad es conocer y confrontar los puntos de vista de los participantes sobre cuestiones específicas, identificando, de este modo, los puntos fuertes y débiles del producto. Además, se pretende encontrar alternativas para la resolución de los problemas y conocer si los productos resultantes son de interés para su transferencia a la sociedad.

Por tanto, el **objetivo** de esta comunicación es explicar las sesiones de *Focus group* realizadas, los aspectos tratados y las interesantes conclusiones obtenidas del debate ocurrido entre los participantes sobre la adaptación de BIM a HBIM.

2 CONTENIDO

2.1 Metodología

El método seguido para la validación del prototipo diseñado para el registro de bienes patrimoniales fue el siguiente:

a) Preparación del *Focus Group*: Investigación sobre métodos de validación y barrido de información sobre el tema. b) Explicación del prototipo diseñado y exposición de modo transparente las dificultades surgidas. c) Sesión de preguntas del grupo focal. En esta parte, los participantes responden a las preguntas realizadas por el moderador, tras el cual, se produce el debate entre los distintos asistentes. d) Transcripción de las grabaciones y síntesis de las conclusiones validadas.

2.2 Preparación del focus group

Las sesiones del grupo focal se prepararon durante dos semanas, realizando las siguientes tareas: se redactó la convocatoria del grupo focal, se definieron los perfiles profesionales más apropiados para el proyecto, se pre-elaboraron las encuestas para los asistentes y se prepararon la presentación, el diseño de las cuestiones y el guion de los moderadores.

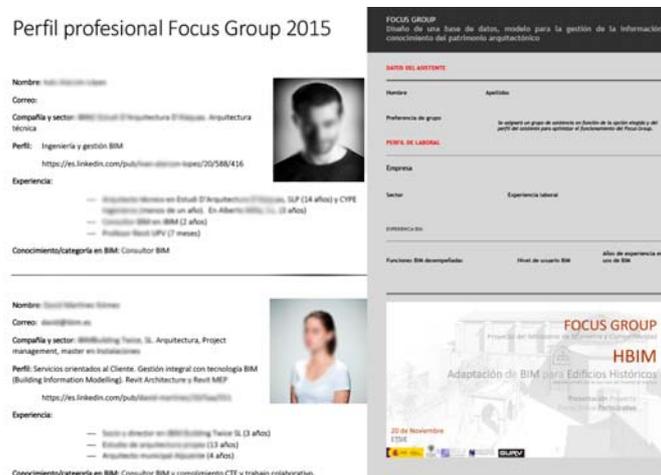


Fig 2. Encuestas enviadas a los posibles asistentes y elaboración de perfiles. 2015. Isabel Jordán Palomar

Se pensó que los miembros del GURV (Grupo de Usuarios de Revit de Valencia), eran perfectos para realizar las sesiones grupales porque son profesionales de diversos perfiles concedores de BIM en método y técnica. Estos se mostraron proactivos y con gran interés desde el principio.

2.3 Explicación del proyecto a los asistentes del *Focus Group*

La sesión de grupo focal comenzó por una breve explicación del proyecto a los participantes, exponiéndose en primer lugar el método teórico subyacente a la aplicación y posteriormente el modelo HBIM realizado con dicho método.

2.3.1 EXPLICACIÓN A LOS ASISTENTES DEL MÉTODO TEÓRICO DISEÑADO

En esta parte se abordó el alcance del proyecto, explicándose que el modelo se corresponde a un nivel 3 de BIM según la gráfica de las diferentes etapas de Bew-Richard, utilizada en Reino Unido y fuertemente implantada a nivel internacional. Asimismo, se comentó que el grado de definición del modelo es medio-alto y que el grado de información adherida al modelo tridimensional es LOD 500 ‘as built’, como grado de desarrollo.

Dado que los invitados eran en su mayoría expertos en aplicación de BIM a obra nueva, se realizó una introducción en relación al registro de los edificios históricos respecto al organigrama clásico de las fases de un proyecto. Tradicionalmente éste se divide en anteproyecto, proyecto básico, proyecto de ejecución y seguimiento de obra. Sin embargo, el trabajo de registro monumental se encuadra antes de todo esto y se le llama “definición del estado existente”, entendiendo las fases posteriores como intervenciones sobre el monumento.

FASE	TAREAS	GRADO DE DESARROLLO
Estado Existente	Levantamiento Gráfico Arquitectónico_ Escaneado láser	LOD 300
	Modelado estado existente	LOD 100-200
	Modelado fases anteriores	
	Estudio de materiales, patologías según fases constructivas y estratigrafía.	LOD 300
	Datos descriptivos e históricos, archivísticos, documentales, catalogación existente.	LOD 500
Vinculación con base de datos externa	LOD 500+	

Fig 3. Diapositiva explicando el organigrama de organización de la fase de registro HIM. 2015. Elena Salvador García.

Del mismo modo, se justificó que la definición de la fase “estado existente” requiere sub-tareas como la toma de datos mediante escáner láser 3D, pues habitualmente se trata de edificios cuyas geometrías son complejas, así como un profundo estudio documental histórico, urbanístico y de proyectos anteriores.

2.3.2 EXPLICACIÓN DE LA APLICACIÓN PRÁCTICA REALIZADA

En esta segunda parte se expusieron los resultados del registro HBIM aplicado al Patio Sur de San Juan del Hospital, mostrando también las dificultades surgidas en el transcurso del

trabajo para así, centrar la atención de los participantes en los puntos más dudosos o conflictivos de la investigación.

Se explicó que el modelo se realizó con el programa de Autodesk Revit 2014 y un servidor L.A.N., red de área local, para poder sincronizar el trabajo de los cuatro investigadores. Inicialmente se tuvo que diseñar una plantilla patrimonial partiendo de la arquitectónica, ya que se requería una con las especificidades de la arquitectura histórica y solo existían las plantillas de arquitectura, construcción, estructura y mecánica.

Paralelamente se realizó el estudio histórico del Patio Sur, sintetizándose la información documental, geométrica y de trazado, arqueológica, estratigráfica y de técnicas constructivas tradicionales. Toda esta información se organizó en carpetas para poder proceder luego al modelado histórico haciendo uso de la información organizada

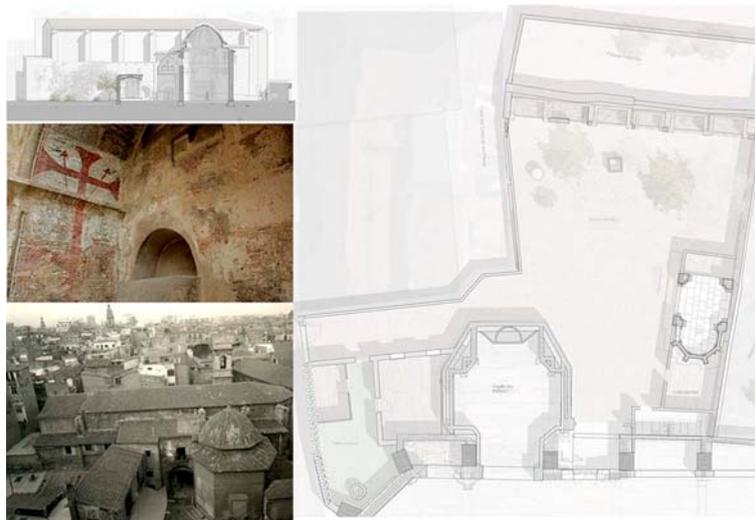


Fig 4. Modelado HBIM realizado y fotos antiguas para realizar las fases antiguas del Patio Sur de San Juan del Hospital. 2015. Fotos de Jorge García Valdecabres, planos elaborados por Isabel Jordán Palomar.

El modelado en Revit se realizó sobre la base de una nube de puntos tomada mediante el escáner láser Leica ScanStation C5 y que fue unida con el programa Cyclone 8.1. Tras un estudio sobre métodos "Scan to BIM" [4], se concluyó que el método más conveniente para insertar la nube en Revit era a través de ReCap (Autodesk) por su buena interoperabilidad. De este modo, se logró el modelado sobre la nube de puntos gracias a la capacidad del programa de reconocer puntos y directrices.

BIM International Conference

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016

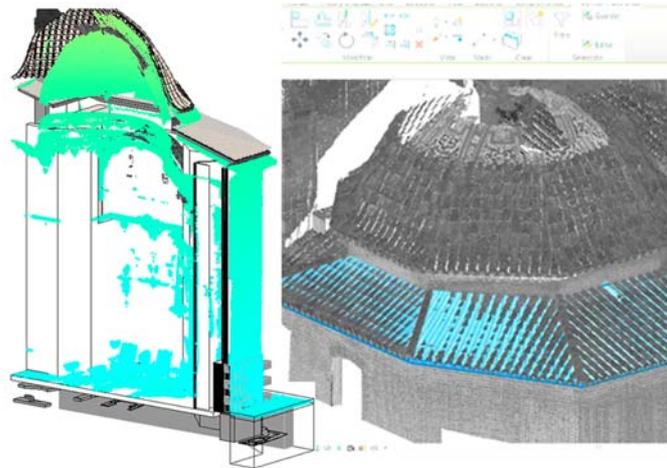


Fig 5. Proceso de modelado sobre la nube de puntos. 2015. Elena Salvador García e Isabel Jordán Palomar.

Seguidamente se decidió adaptar las *fases constructivas* usadas en los proyectos de arquitectura a *fases históricas* [5]. Lo, es decir, en lugar de las fases características de obra nueva tales como: “existente”, “nuevo”, “demolido”; se crearon las correspondientes a los periodos históricos más significativos: “s. XIII”, “s. XVII”, “s. XIX”.... Esta herramienta se reveló como una de las de mayor utilidad para el registro de este tipo de bienes.

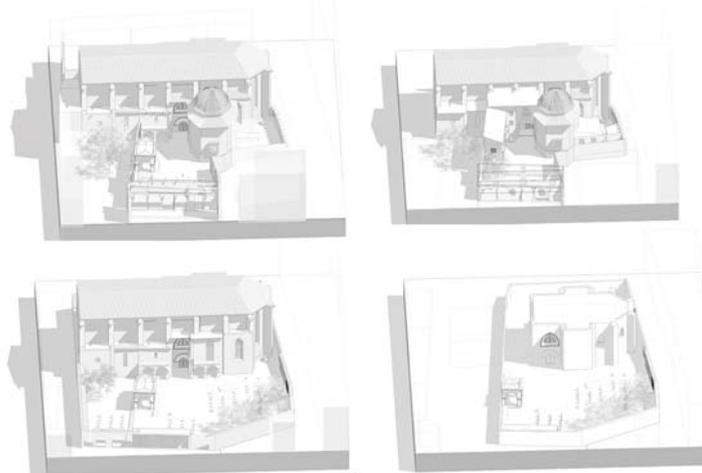


Fig 6. Fases HBIM del Patio Sur de San Juan. 2015. Isabel Jordán Palomar.

Uno de los aspectos más significativos del proceso de modelado general es que se ha generado una gran cantidad de componentes “in situ”, puesto que la geometría de los edificios históricos y, en concreto, la del Patio Sur es bastante orgánica y con elementos con deformaciones, desplomes y asientos [6]. En cuanto al modelado de los restos arqueológicos, se decidió crearlos a partir de la categoría de *suelos* de Revit por la falta de categorías específicas.

Se diseñaron, por otra parte, plantillas de objetos externos paramétricos, desde ahora denominadas familias, de aquellos elementos históricos característicos que más se repetían,

BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

tanto en este edificio como en otros similares, tales como rosetón, arco gótico, bóveda de crucería, etc., así como los materiales que componen el Patio Sur. [7]

Otra de las partes características del registro patrimonial fue la representación de los resultados de los estudios estratigráficos de los muros en tres dimensiones.

Por último, se definieron las categorías Patrimoniales como parámetros de proyecto: “estado de conservación”, “autor”, “estilo arquitectónico”..., con el fin de conectar bidireccionalmente las categorías Patrimoniales con la base de datos externa. De este modo, la información documental que se había sintetizado previamente se fue añadiendo al modelo en forma de datos históricos y archivísticos, directrices orientativas de restauración (Planes directores, cartas de Restauración...), documentos de legislación urbanística (Planes Generales, Planes Especiales....) y proyectos de Intervención Previos.

2.3.3 EXPLICACIÓN DE LAS DIFICULTADES SURGIDAS DEL DESARROLLO DEL PROYECTO

Al finalizar la presentación, se mostraron de forma clara y concisa, los problemas más complejos que fueron surgiendo en el desarrollo del proyecto, como el peso del archivo, el grado de parametrización de edificios de geometría orgánica, el coste en tiempo que supone la realización de un modelo detallado, los errores por superposición de fases constructivas, la insuficiente información de fases antiguas y el coste en tiempo de parametrización de familias.

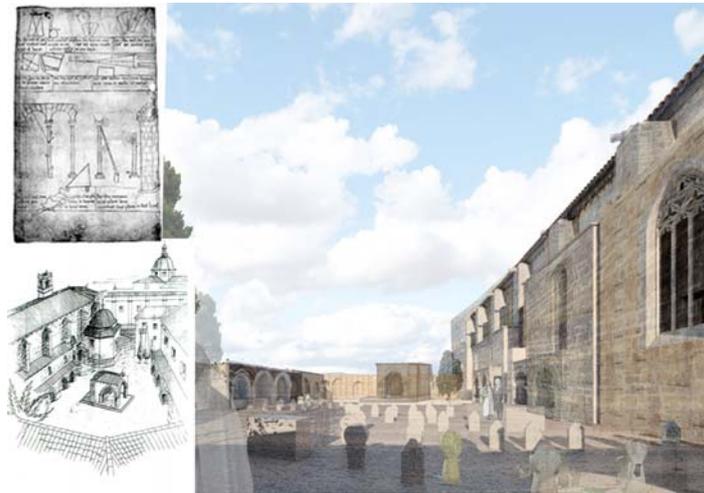


Fig 7. Explicación de una de las problemáticas sobre la idealización de fases antiguas en HBIM. Jorge García Valdecabres e Isabel Jordán Palomar.

2.4 Sesión de preguntas del grupo focal

Tras la explicación del proyecto de investigación y la exposición de aquellas dificultades surgidas registrando el monumento, el grupo general fue dividido en dos grupos de cinco personas cada uno, el metodológico y el tecnológico. El primero lo componían los asistentes vinculados de alguna manera a la gestión y metodología BIM. Por otro lado, el grupo

tecnológico lo formaban aquellos expertos que tenían un perfil más afín al desarrollo de nuevas tecnologías y técnicas avanzadas. Las dos sesiones se llevaron a cabo al mismo tiempo en dos espacios diferentes y fueron dirigidas por dos moderadores miembros del grupo de investigación.

Algunos de las preguntas que se expusieron fueron: ¿creéis que la metodología HBIM es útil para registrar el Patrimonio Arquitectónico?, ¿trabajar en un único modelo central es más adecuada de trabajar en Proyectos de Restauración?



Fig 8. Explicación de una de las problemáticas sobre la realización de familias BIM. Elena Salvador García.

En el grupo metodológico las preguntas estaban enfocadas a la gestión del modelo, al flujo de trabajo, al grado de detalle y a cómo exportar a la sociedad estos avances. Por otro lado, las preguntas planteadas en la sesión tecnológicas estaban enfocadas a cómo resolver problemas de temas como la sincronización, las familias, la superposición de fases constructivas o el modelado orgánico.

Algunas de las preguntas planteadas en la sesión tecnológica fueron las siguientes: ¿creéis que trabajar con un único modelo central va a crear problemas? o ventajas e inconvenientes de reutilizar y adaptar familias (tanto de otros proyectos como de internet).

2.5 Transcripción de las grabaciones y realización del listado de conclusiones validadas.

Tras las sesiones del *Focus group*, se transcribieron las grabaciones de las reuniones y se sintetizaron las conclusiones. Estas opiniones consensuadas de los asistentes se han tenido en cuenta para continuar con el desarrollo del proyecto de investigación y han sido las siguientes:

El **producto resultante** de la investigación constará de un manual de uso, acompañado por videos explicativos y un pack informático que contenga la plantilla patrimonial diseñada.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

Con respecto a la disyuntiva entre continuar desarrollando el modelo BIM con un único **modelo central** o bien crear **sub-proyectos**, se resuelve continuar con el modelo central hasta los 250 Mb. Cuando sobrepase este peso, se utilizarán los sub-proyectos enlazados con links de las partes diferenciadas o bien espacialmente y/o de distintas disciplinas (arquitectura, arqueología...).

Se propone definir el modelo de lo existente actualmente con un nivel LOD 500 mientras que las **fases antiguas** se modelarán de forma simplificada en color blanco y sin textura. Por su parte, para mejorar la representación de los **elementos irregulares** se propone modelar con mallas de *Rhinoceros* o bien utilizar visores externos vinculados a un URL, localizador de recursos uniforme.

Para representar el **sistema constructivo** detallado sin tener que modelar todo a un nivel de detalle LOD 500, se propone identificar los sistemas constructivos tipo presentes en el edificio, seleccionar los encuentros donde estos son más representativos y modelar únicamente los encuentros en 3D con un grado de definición LOD 500. Para identificar las áreas que contengan un detalle constructivo modelado en 3D, se aplicará una masa de color. Respecto a las **familias**, se desestima el uso de familias descargadas de internet. En su lugar, se plantea generar familias que contengan las mínimas relaciones geométricas necesarias para facilitar su usabilidad y que permitan añadir nuevos parámetros para generar familias más complejas.

Se propone elaborar una **biblioteca de materiales** antiguos. Asimismo, se plantea el registro de las **patologías** (tipo humedades, costra negra, fisuras...) y la **estratigrafía muraria** de una de estas tres maneras: con capas de pequeño espesor modeladas en 3D, mediante mapeado con la nube de puntos coloreada o con planos 2D e indicación en las vistas 3D con cubos de información.

3 CONCLUSIONES

Debido a lo novedoso de la aplicación de BIM al Registro Patrimonial, existían incertidumbres al respecto, pero la reunión de expertos BIM y de la Conservación del Patrimonio ha permitido establecer premisas consensuadas en esta área. Así, en este momento se está creando el prototipo mejorado gracias a los debates ocurridos en el grupo focal.

Una de las aportaciones más importantes a las que se ha llegado es que para el registro monumental con HBIM es conveniente dividir en sub-proyectos el espacio a modelar, siendo recomendable dividir tanto por disciplinas (arquitectura, arqueología...) como por división de espacios.

Se concluye así mismo, que para el modelado de edificios históricos conviene crear una plantilla especializada que contenga familias parametrizadas simples de los elementos y tipologías más características. Además, resulta fundamental un manual donde se explique cómo utilizar este método.



También se afirma la importancia del detalle en el modelado de edificios históricos, por lo que se cree necesario seguir investigando en métodos de introducción de mallas para la representación de elementos complejos. Sin embargo, para no colapsar los modelos, se propone realizar detalles constructivos 3D solo en los encuentros, y representar las patologías y estratigrafía muraria combinando el 2D con el 3D.

En conclusión, todas estas aportaciones producen un salto cualitativo en este proyecto para edificación histórica con HBIM del que el creciente número de edificios patrimoniales podrá beneficiarse en el futuro. Así mismo, estos *Focus group* impulsaron la puesta en marcha de la personalización del sistema de sincronización entre la base de datos documental y la base de datos de Revit.

4 REFERENCIAS

- [1] Migilinskas, D. V Popov, V Juocevicius, L Ustinovichius (2013). "The benefits, obstacles and problems of practical BIM implementation", *Procedia Engineering*, 57, 767-774.
- [2] Zekavat, P., Moon, S., and Bernold, L. (2015). "Holonc Construction Management: Unified Framework for ICT-Supported Process Control." *J. Manage. Eng.* 31, SPECIAL ISSUE: Information and Communication Technology (ICT) in AEC Organizations: Assessment of Impact on Work Practices, Project Delivery, and Organizational Behavior, A4014008.
- [3] Brumana, R., Georgopoulos, A., (2014). "From survey to HBIM for documentation, dissemination and management of built heritage. The case study of St. Maria in Scaria d'Intelvi" in *International Journal of Heritage in the Digital Era*, Volume 2, Issue 3.
- [4] Mahdjoubi, L., Moobela, C., Laing, R., (2013). "Providing real-estate services through the integration of 3D laser scanning and building information modelling", *Computers in Industry*, 64 1272-1281.
- [5] Volk, R., Stengel, J., y Schultmann, F., (2014). "Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs" in *Automation in Construction*, 38 109-127.
- [6] Angulo Fornos, R., (2012). "Construcción de la base gráfica para un sistema de información y gestión del patrimonio arquitectónico: Casa de Hylas" en *Revista Arqueología de la Arquitectura*, 9-11-25.
- [7] Zaragoza Catalán, A., (2000). *Arquitectura gótica valenciana. Siglos XIII-XV en Monumentos de la Comunidad Valenciana (Catálogo de Monumentos y conjuntos declarados e incoados, Tomo I)*. Valencia, Generalitat Valenciana.



VINCULACION DE BASES DE DATOS A MODELOS BIM

Alarcón López, Ivón José (1); Martínez Gómez, David Carlos (2) ; Vidal Santi-Andreu, Sergio (3)

- (1) IBIM Building Twice, SL. Email: ivan@ibim.es
- (2) IBIM Building Twice, SL. Email: david@ibim.es
- (3) IBIM Building Twice, SL. Email: sergio@ibim.es

RESUMEN

Información. No se entendería BIM sin información, incluso va incluida en el acrónimo. Con el uso de BIM, se hace necesario incluir mucha información asociada al modelo, siendo difícil el manejo y mantenimiento de la misma.

Para una correcta gestión de la información se hace necesario el uso de bases de datos externas y programas que faciliten su uso. Un código de modelo o tipo, y un código único de elemento son suficiente para vincular el modelo BIM con bases de datos externas de usuario. A su vez, para el mantenimiento de las bases de datos asociadas al modelo, es necesario su vinculación a bases de datos de referencia facilitadas por la administración, fabricantes de productos, y demás agentes de la construcción con formatos estandarizados. Es necesario aglutinar esfuerzos y recursos. Por ejemplo en España existen múltiples bases de precios de la construcción de organismos oficiales sin seguir un estándar. Es más, podría existir una única base a nivel Europeo, de productos y sistemas constructivos con una estructura unificada, y que cada organismo adaptara a sus necesidades.

En este estudio se presenta un ejemplo del desarrollo de una aplicación para la vinculación de bases de datos con el modelo.

Palabras clave: Bases de datos, vínculo, enlace, información

ABSTRACT

Information. BIM can't be understood without information even is included in the acronym. Using BIM, it is necessary to include much associated information with the model, being difficult to manage and maintain about it.

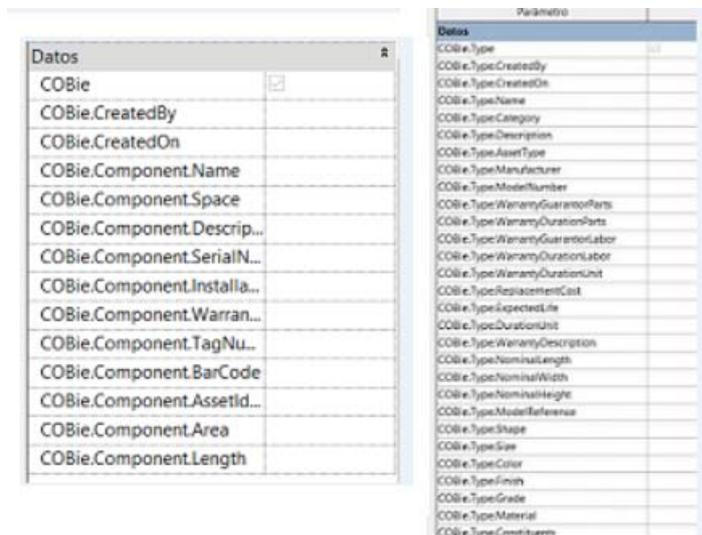
For proper management of information using external databases and programs to facilitate their use becomes necessary. A model code or type, and a unique code for element is sufficient to link the BIM model with external databases user data. For the maintenance of the databases associated with the model, it is necessary its link to reference databases provided by government, product manufacturers, and other agents of construction with standardized formats. It is necessary to join efforts and resources. For example there are multiple base prices of building official agencies without following a standard in Spain. Moreover, there could be a single base at European level, building products and systems with a unified structure and that each organism adapted to your needs.

An example of the development of an application for linking databases with the model is presented in this study.

Keywords: Databases, link, linkage, information

1 INTRODUCCIÓN

Los programas de modelado BIM no son los mejores gestores de la información asociada al mismo.



Datos	Parámetros
COBie	COBie.Type
COBie.CreatedBy	COBie.Type.CreatedBy
COBie.CreatedOn	COBie.Type.CreatedOn
COBie.Component.Name	COBie.Type.Name
COBie.Component.Space	COBie.Type.Category
COBie.Component.Descrip...	COBie.Type.Description
COBie.Component.SerialN...	COBie.Type.AssetType
COBie.Component.Installa...	COBie.Type.Manufacturer
COBie.Component.Warran...	COBie.Type.ModelNumber
COBie.Component.TagNu...	COBie.Type.WarrantyGuaranteeParts
COBie.Component.BarCode	COBie.Type.WarrantyDurationParts
COBie.Component.AssetId...	COBie.Type.WarrantyGuaranteeLabor
COBie.Component.Area	COBie.Type.WarrantyDurationLabor
COBie.Component.Length	COBie.Type.WarrantyDurationUnit
	COBie.Type.ReplacementCost
	COBie.Type.ExpectedLife
	COBie.Type.DurationUnit
	COBie.Type.WarrantyDescription
	COBie.Type.NominalLength
	COBie.Type.NominalWidth
	COBie.Type.NominalHeight
	COBie.Type.ModelReference
	COBie.Type.Shape
	COBie.Type.Size
	COBie.Type.Color
	COBie.Type.Finish
	COBie.Type.Grade
	COBie.Type.Material
	COBie.Type.Constituents

Fig 1. Parámetros COBIE añadidos a Revit.2016. Fuente Propia

Gestionar la información dentro del modelo llenándolo de parámetros, como por ejemplo el plugin de COBIE para Revit (ver imagen superior), hace muy difícil la gestión del modelo y su información, si no viene acompañado de una aplicación que la relacione con una base de datos externa. La gestión de la información con aplicaciones específicas que manejen bases de datos vinculadas al modelo libera al modelo de parámetros, ya que es suficiente con un código de relación único para vincular los objetos del modelo con la base de datos externa. Si se añaden bases de datos de organismos oficiales y fabricantes se pueden, a su vez, vincular con la base de datos externa propia.

Se analizará, en la presente comunicación, la falta de una organización y clasificación común de los productos de la construcción y los elementos constructivos, que permita la identificación unívoca de esos productos, así como posibles soluciones.

2 VINCULACIÓN DE BASES DE DATOS A MODELOS BIM

Está ocurriendo que a menudo es más costoso preparar y dotar de información el contenido BIM a utilizar en el modelo, que el propio modelado del edificio, por falta de desarrollo de

contenido BIM facilitado por los fabricantes (o contenido genérico normalizado) unido a la utilización de información “estática” en forma de catálogos en PDF, fotos, o páginas WEB que además no tienen tipificados qué parámetros mostrar y cómo denominarlos.

Pongamos, por ejemplo, un equipo de aire acondicionado. Si bien su forma puede ser sencilla (un prisma rectangular) nos encontraremos con varios escollos:

- Denominación de los parámetros de forma. Largo x Ancho x Alto; Longitud x Anchura x Altura, Frente x Profundidad x Espesor,... pueden ser varias de las combinaciones utilizadas para referirse a las dimensiones del prisma.
- Denominación del resto de parámetros. Potencia, diámetros, posición y clasificación de los sistemas de condensados, tamaño, posición y clasificación de los sistemas de suministro y retorno de aire.
- Áreas para su montaje, la accesibilidad, uso y mantenimiento. Información referente al uso y mantenimiento.
- Certificados de idoneidad técnica
- Anclaje del elemento, etc.

Sumado a la dificultad de organizar esa información, queda el trabajo de asignarla a la familia que se está desarrollando.

Si se trabajara con información organizada y clasificada (qué parámetros y nomenclatura utilizar) y los fabricantes facilitaran la información en forma de bases de datos estructuradas y estandarizadas se podrían asociar con bases de datos oficiales de productos y contenido BIM genérico o facilitado por el mismo fabricante. En la imagen inferior tenemos un ejemplo.

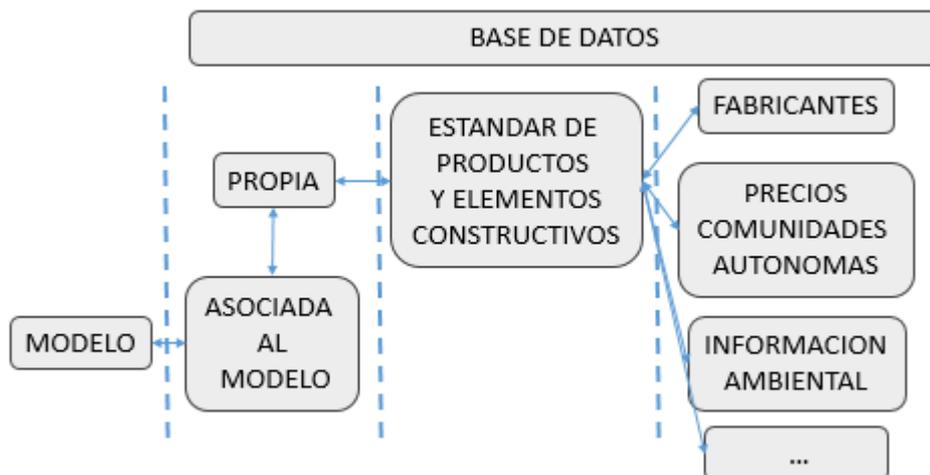


Fig 2. Ejemplo de vinculación entre bases de datos. 2016. Fuente Propia

Para vincular la base de datos al modelo es necesario la utilización de un código de relación (en el caso de tipos puede ser el código Masterformat [Notaclave de Revit] y, para el caso

de ejemplares, su GUID). Pero para el mantenimiento de nuestra base de datos precisamos su vinculación con una base de datos oficial que utilice códigos únicos para cada producto o sistema constructivo, y a su vez los fabricantes disponer de un código único de su producto y de su código de relación con esa base de datos oficial.

Los estándares para los sistemas de clasificación de la edificación como OmniClass [1] , Uniformat [2] y Masterformat [3], la norma ISO 12006-2:2015(en) [4] o los de la BuildingSmart [5] (IFC, IFD, IDM) definen, codifican y estructuran la información de los productos y sistemas constructivos. Definen qué es cada elemento, qué propiedades tiene, qué relaciones mantiene con otros elementos, y a qué grupo o clase pertenece.

2.1 Un ejemplo de falta de normalización

Para ilustrar esta falta de coherencia en la denominación de los parámetros vamos poner el ejemplo de una búsqueda realizada para un perfil metálico normalizado IPE, entre distintos fabricantes. A pesar de que se definen de acuerdo a las siguientes normas “UNE 36526:1994 - Productos de Acero Laminados en Caliente. Perfiles IPE. Medidas” y “UNE-EN 10034:1994 - Perfiles I y H de Acero Estructural. Tolerancias dimensionales y de forma” se han encontrado discrepancias en la denominación de los parámetros. Si bien todos respetan b y h como ancho y alto del perfil, para referirse al espesor del alma (t_w) y el ala (t_f), hay fabricantes que todavía utilizan la nomenclatura de la norma NBE EA-95 (e) y (e_1), o fabricantes con parámetros propios (s) y (t)

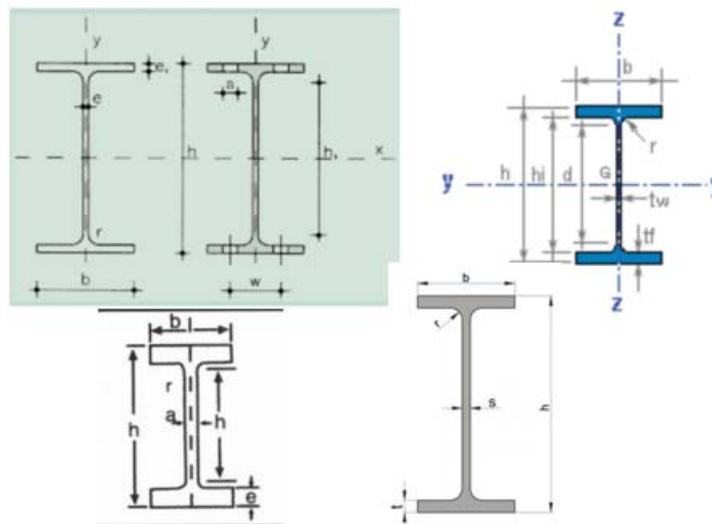


Fig 3. Ejemplo de discrepancias en parámetros de perfiles IPE según fabricantes. 2016. Fuente Composición propia

Si en un producto altamente normalizado y que no ha variado en muchos años, se encuentran esas discrepancias, qué no será en otros productos sin normalizar.

Con estas discrepancias de denominación (si bien luego los valores son correctos) se hace difícil que la información se estructure para poder realizar bases de datos con los productos



facilitadas por los fabricantes, y que estas a su vez se vinculen a nuestros modelos o bases oficiales. Si en este ejemplo, el fabricante facilitara los datos en una tabla de una base de datos con los valores, no se tendría que teclear todos esos valores en cada tipo de la familia a realizar, sería suficiente con vincularlos y mapearlos a los parámetros de nuestra familia. Además, permitiría el hecho de que si el fabricante modificara algún valor (si bien en un perfil normalizado no se va a dar), poder actualizar los valores al actualizar la vinculación.

2.2 Bases de precios en España y OmniClass en Estados Unidos

En España existen múltiples bases de precios de la construcción de organismos oficiales o colegios profesionales, fundaciones y de empresas privadas. Entre otras: Centro del Colegio de Aparejadores de Guadalajara, Base de precios de la construcción de la Comunidad de Madrid, Cuadro de precios del Ayuntamiento de Madrid, BCCA de Andalucía, IVE de la Comunidad Valenciana, Base de precios de Cantabria, Base de precios de Castilla la Mancha, Base de precios de Extremadura, Base de datos de la construcción Islas Baleares, Base de precios de Euskadi, BDC de Galicia, BEDEC de Itec Cataluña, Preoc de Atayo, Generador de precios de Cype, Acae de Presto...

Si bien casi todas mantienen la compatibilidad con el formato BC3 de la asociación FIEBDC, no existen dos con la misma estructura de capítulos, y por lo tanto, que establezcan un criterio común para la codificación de productos y unidades de obra.

Es una pena que tantos recursos invertidos por parte de la administración y entidades privadas se hayan centrado más en establecer precios de referencia dentro de su ámbito, que en consensuar un sistema de clasificación de la construcción similar a OmniClass [1] de carácter general y sus otros sistemas Uniformat [2] y Masterformat [3] alineados con la norma ISO 12006-2:2015(en) [4]. En esta última se comenta la necesidad de la normalización para el intercambio de la información a lo largo de la vida de un proyecto y entre proyectos, y colaboraciones internacionales, y entre agentes intervinientes y entre aplicaciones. Así como la posibilidad de su aplicación a ámbitos nacionales o locales. Todo ello contemplando los estándares establecidos por la BuildingSmart [5] con el formato IFC (como compartir datos), IFD library (que se está compartiendo, definición de un vocabulario controlado de terminología y definiciones, generación de GUID), y manuales IDM (qué datos y cuándo compartirlos).

Si se unifican esfuerzos y se define una estructura común de capítulos, criterios de codificación de productos y sistemas constructivos, taxonomías, propiedades y parámetros para cada elemento o sistema, se puede crear una base de datos de referencia con elementos genéricos. Así, cada institución puede crear sus propias bases de datos relacionadas con la de referencia (por medio de los códigos de relación) y aplicar sus precios, los fabricantes relacionar su código único de producto con el código de referencia y dar valor a los parámetros establecidos. Incluso iniciativas como OpenDAP [6] (base de datos de información ambiental de productos de la construcción, proyecto a nivel europeo) o de otro tipo pueden añadir la información que necesiten a estos productos, en este caso el

Factor de Emisión (KgCO₂eq/kg producto). Para ello, la iniciativa OpenDAP ha tenido que crear su propio sistema de clasificación de productos y elementos constructivos para definir un único valor a los elementos. Esa base de datos de referencia puede facilitar la creación de nuevas iniciativas y proporcionar información de distintos propósitos (Análisis energético, comportamiento al fuego, comportamiento al ruido, resistencia de materiales, etc) que necesita cada uno de los agentes que intervienen en el proceso edificatorio.

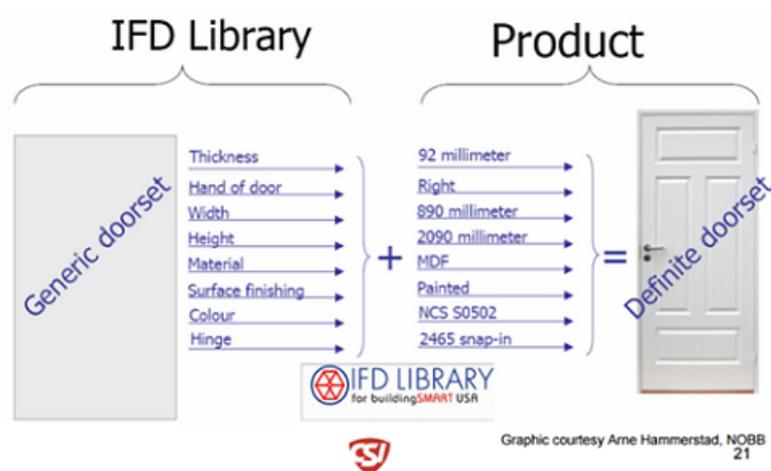


Fig 4 Ejemplo del establecimiento de criterios de una base de referencia y cómo se completa con un producto concreto. 2008. Roger Grant; Greg Ceton [7]

2.3 Desarrolladores de contenido

Ni siquiera los desarrolladores de contenido se ponen de acuerdo para clasificar los productos que ofrecen. BimComponents, Bimetrica, BimObjects, y la NBS (national BIM library), entre otros, ofrecen una estructura propia de clasificación de elementos. Autodesk Seek ofrece la posibilidad de búsqueda de productos en sistema de clasificación Masterformat (al igual que en RevitCity), OmniClass y Unifomat.

2.4 Una aplicación práctica

Para una correcta gestión de bases de datos y el modelo BIM se hace necesario la utilización de programas específicos, dentro de los programas de modelado BIM, o de manera independiente a ellos.

Un ejemplo se está desarrollando por los autores de esta comunicación. Consiste en asociar todo tipo de información al modelo sin necesidad de crear parámetros adicionales por cada tipo de información a enlazar. Se gestiona dicha información en una base de datos, donde se clasifica, codifica y tipifica, dotándola de las propiedades que se necesiten y asignándole un código de relación con el modelo (en el caso de tipos la nota clave y en el caso de ejemplares el GUID del elemento). Para establecer esas relaciones se generan otros tipos de tablas como de notas clave (obtenida desde un programa de mediciones que permitan la

exportación a notas clave), de agentes o entidades de emisión del documento, tablas de parámetros tipo COBIE a enlazar con el modelo, etc.

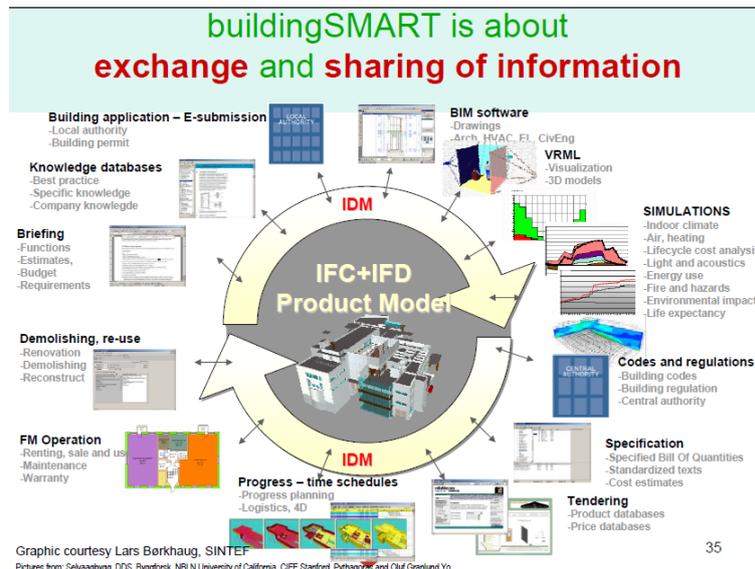


Fig 5 Relaciones entre bases de datos. 2008. Roger Grant; Greg Ceton [7]

Una vez se ha codificado y tipificado la información se procede a su vinculación con el modelo a través de ese código de relación (Nota clave o GUID). La aplicación se está desarrollando en Windows para la gestión de la base de datos y las tablas y relaciones, y en Revit para aplicar las vinculaciones e incluir en la misma los datos de los elementos y tipos de los distintos modelos que componen el proyecto. De este modo se puede consultar, tanto en Windows como dentro de Revit, qué elementos tiene asociado cada documento y qué información tiene asociada cada elemento. Para que no sea preciso la utilización de la rutina a la hora de consultar la información se han generado dos parámetros, uno de ejemplar y otro de tipo, para establecer un vínculo a un archivo HTML que el programa genera con los vínculos a los distintos documentos asociados a ese elemento.



Fig 6 Ejemplo archivo HTML. 2016. Fuente Propia

También se está viendo la posibilidad de su desarrollo en: visualizadores IFC, plataformas WEB y otras herramientas BIM con API abierta; la conexión con exportaciones de programas de mediciones. El problema es el acceso a toda la información asociada que tienen, como fichas de seguridad y salud, gestión de residuos, recepción de materiales, energía incorporada y emisiones, archivos vinculados, catálogos, detalles etc., y que la información que contiene la descripción aparecen como texto “muerto”, sin campos tipificados: fabricante, modelo, criterios de medición, material, sistemas de colocación, etc.

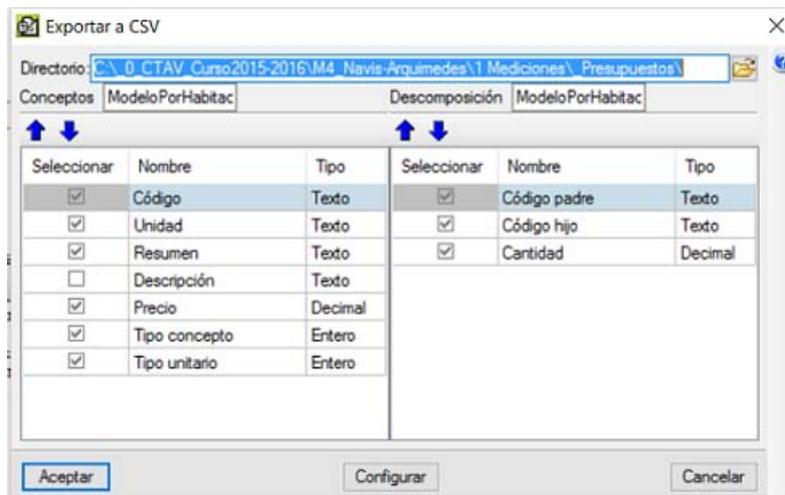


Fig 7 Ejemplo de exportación de un programa de mediciones. 2016. Arquímedes de Cype

3 CONCLUSIONES

Se ha visto que existe la necesidad de establecer criterios comunes de clasificación, y definición de elementos, así como de sus propiedades, para que exista un desarrollo en el mundo del BIM, y se facilite el traspaso de la información entre los distintos agentes, y la colaboración en proyectos internacionales. Esta estandarización se debe traducir en bases de datos de referencia que permitan la interrelación con distintas bases específicas para cada propósito. Y definir códigos únicos de elementos GUID.

Existe mucha información de productos y sistemas constructivos en Internet. Es sólo cuestión de estandarizarla para poder aprovecharla. Con ello saldríamos todos beneficiados: Fabricantes, Administración, Projectistas, Constructores, Propietarios, etc.

4 REFERENCIAS

[1] OmniClass. de CSI (Construction Specifications Institute de Estados Unidos) y CSC (Construction Specifications Canada). Sistema de clasificación de la industria de la construcción. útil para muchas aplicaciones, desde la organización de la biblioteca de



materiales, la literatura del producto, y la información del proyecto, y para proporcionar una estructura de clasificación para bases de datos electrónicas e incluso de bibliotecas de objetos BIM. (<http://www.omniclass.org/>)

- [2] Uniformat de CSI (Construction Specifications Institute de Estados Unidos) y CSC (Construction Specifications Canada). Proporciona un método para la organización de información de construcción a base de elementos funcionales, o partes de una instalación que se caracteriza por sus funciones, sin tener en cuenta los materiales y métodos utilizados para llevarlos a cabo. Estos elementos se refieren a menudo como sistemas o conjuntos. (<http://www.csinet.org/uniformat>)

- [3] MasterFormat de CSI (Construction Specifications Institute de Estados Unidos) y CSC (Construction Specifications Canada). Es una lista maestra de números y títulos clasificados por los resultados del trabajo. Se utiliza sobre todo para organizar los manuales de proyectos, información detallada de los costos, y otra información en etapas posteriores del diseño y la construcción de Uniformat. (<http://www.csinet.org/masterformat>)

- [4] ISO 12006-2:2015(en) [4] Building construction — Organization of information about construction works — Part 2: Framework for classification. La Organización Internacional de Normalización (ISO) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización. Esta norma es la revisión de ISO 12006-2:2001 y tiene en cuenta la evolución de la tecnología de la información (en particular la construcción de modelado de información) y procesos de contratación en la construcción.

- [5] BuildingSMART international es una asociación sin ánimo de lucro cuyo principal objetivo es fomentar la eficacia en el sector de la construcción a través del uso de estándares abiertos de interoperabilidad sobre **BIM**. Se organiza en “chapters” nacionales o de zonas (<http://www.buildingsmart.es/>)

- [6] OpenDAP es una base de datos para consultar y/o introducir DAP o información ambiental de productos de la construcción. Está abierta a cualquier Administrador de Programa de DAPs y, para cualquier herramienta de cálculo de análisis de ciclo de vida. (<http://www.opendap.es/>)

- [7] Roger Grant; Greg Ceton (2008) . “Omniclass and IFD Library” Presentación Knowledge for creating Sustaining the Built Environment.
CSI net (http://www.omniclass.org/csi_omniclass-ifd_2008.pdf)



PRE-CONSTRUCTION ENVIRONMENTAL ANALYSIS WITH BIM

Di Giuda, Giuseppe Martino (1), Villa, Valentina (2)

- (1) Politecnico di Milano, ABC Department giuseppe.digiuda@polimi.it.
(2) Politecnico di Milano, ABC Department. valentina.villa@Polimi.it

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es la implementación de la ejecución de ejecución de estructuras in situ utilizando un modelo BIM para la gestión de la construcción. Cada elemento técnico del modelo se asocia a datos geométricos y técnicos, por ejemplo, las características de los materiales. La metodología BIM permite asociar documentación específica a cada parte del modelo, como por ejemplo los informes de control y las fichas técnicas. Esta es una gran ventaja para el que tenga que gestionar y utilizar esta información en el futuro durante la fase de gestión de instalaciones. En el caso de estudio que se propone asociamos a cada elemento estructural todos los informes de control: controles preliminares, controles de aceptación, controles de seguimiento y los controles finales, que son requeridos reglamentariamente para la construcción de estructuras de hormigón armado construidas in situ.

El modelo BIM se implementa con el análisis y la evaluación del ciclo de vida durante la construcción de estructuras teniendo en cuenta no solo las distintas opciones de diseño y los materiales utilizados, sino dando gran importancia a las posibles opciones de organización de obra. Esto último va a dar lugar a diferencias significativas en cuanto a los tiempos y costes en términos de impacto ambiental.

Este estudio demuestra cómo la metodología BIM permite el análisis dinámico de múltiples escenarios usando el proceso y la aplicación del modelado para la evaluación de diferentes aspectos: operativos, económicos y ambientales.

Palabras clave: *BIM, gestión de la construcción, energía, gestión de instalaciones, sostenibilidad, control estructural.*

ABSTRACT

The aim of this research is the implementation of the structural works on site using a BIM model for the construction management. Each model's technical element is associated with geometrical and technical data, for example characteristics of the materials. BIM methodology allows associating to each part of the model, specific documentation, such as control reports and technical sheets. This is a huge advantage for those who will have to manage and use this information in the future during Facility Management phase. In the case study proposed we associated to each structural element all control reports: preliminary checks, acceptance controls, follow-up controls and final controls, which are required from regulations to carry on reinforced concrete structures cast on site.

The BIM model was implemented with the analysis and the assessment of the life cycle during the structures construction not only by taking into consideration the design choices



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

and the materials used, but giving great importance to operational choices usually made on the construction site. The latter will generate also significant times and costs differences in terms of environmental impact.

This study demonstrates how the BIM methodology allows the dynamic analysis of multiple scenarios using procedural and application modeling for the evaluation of different aspects: operational, economic and environmental.

Key words: *BIM, construction management, energy, facility management, sostenibilidad, structural controls.*

1 INTRODUCTION

The aim of this study is the implementation of the construction works using a BIM model for the information management. [1] Each technical element of the model is associated with geometric and technical data, for example, the materials' characteristics. [2] It is also possible to associate specifications to each model-object, such as control reports and technical sheets. Unquestionably, this is a great advantage for those who will manage and use this information in the future during the facility management step. [3] In the case-study presented, we associated each structural element to any control reports: preliminary checks, acceptance inspections, follow-up and final checks, which regulations require in order to implement the cast-in-place reinforced concrete structures.

A study conducted by our research group has found that the evidence gathered during the construction management, often involves a difficult control process related to traceability; often, beams and columns' identification codes are not uniform between architectural and structural design. The first part of the study was implemented with the evaluation of the environmental impact on the life cycle during concrete structure implementation. Far from being considered merely design options and materials to be used, they are very important operational procedures adopted to make those decisions and generate also substantial differences in terms of time and cost as well as of environmental impact.

By noting the lack of a process model and the evaluation implementation related to different operational methods (from an operational, economic and environmental point of view), this case study demonstrates how the BIM methodology allows the analysis of multiple scenarios in a dynamic way. [4] Furthermore, this case study let us establish a more efficient procedure: the proposed method is repeatable and can be implemented with additional analysis in order to obtain optimizations in terms of controls and checks, evaluations: times, costs and environmental sustainability.

2 METHOD

The BIM model creation and implementation method has been validated in relation to the structures involved in the extension project of an elderly-aimed building.

The intervention consisted in the construction of an extending building and the renovation of a part of a 1950s building: it was designed to include the new reception on the entrance floor

and two 20 beds units with related services, gym, infirmary, assisted bathroom and a lounge/dining room for the collective activities. The kitchens, administrative offices and the laundry were already included in the existing buildings. The project provided for the inclusion of an in-line building extending on three floors which arose as a closure element between two existing parts thus creating a courtsite. One side of the new building was to be joined with the wing built in the 50s through a cast-in-place reinforced concrete structure and closures in cavity-wall masonry while the opposite side was placed on the side of a more recent building completed in 2006 featuring a r.c. structure.

The pre-existing U-shaped development built in different years and the different type of flooring in the two existing buildings, led to non coincident floor, featuring almost 2,5 cm difference between one point and another. The extending construction, about 40 m long, would have had to encircle the residential settlements thus interpolating the existing difference.

The new building consists of three floors with cast-in-place reinforced concrete structure, having a foundation plate measuring 50 cm height, r.c. ground-elevation structures, with 60x40 cm anti-seismic pillars and parting walls as well as predalles slabs-made floor.

Half of the ground floor consists of a portico entrance while the remaining part houses the reception and the first reception offices. The first and second floor have the same distribution and host the ten double rooms for guests and the common services. Part of the flat roofing is allocated to the facilities housing while the remaining part is aimed at the guests of the adjacent building and becomes an outdoor terrace. Besides new emergency lifts, a new stairs block was added to the building.

The case study has provided the modeling of the reinforced concrete structure only.

2.1 Objectives

The objectives of this work were:

1. Create a LOD 450 [5] model of the structure that includes all the resources and information needed to analyze costs, materials, necessary means and various programming scenarios of the site;
2. Add the BIM model with all ongoing controls and documents collected during the works execution thus creating, at the end, a complete and organized as-built of the site;
3. Evaluate the impact of cost, time and environmental pollution that various technological solutions involve (solid floor, predalles slabs-made floor) by using different casting modes (with pump truck or bucket) and combining both variables.

2.2 Model creation for the executive phase

To better illustrate the information systemization process through the BIM, controls and the control plan were tested on a case study regarding a new building. The latter is a cast-in-place reinforced concrete, three-levels structure consisting of 50 centimeters foundation plate, a frame of beams and reinforced concrete pillars braced by the stairs block and the elevator shaft. The floors are predalles slabs-made or solid.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

The modeling process has retraced the logical design and construction process. We created two models:

- The first identifies the technical elements the building consists of (LOD 100). The technological disarticulation according to the UNI 8290, acts as a guide for the definition of any parts of the project (foundation structures, elevation structures, etc.). We have identified the geometrical characteristics of the provisional works necessary for the construction. Each technical element is then "informed", with all control sheets to be filled for the correct verification during execution.
- The second model is characterized by a more detailed definition (LOD 400). The technical element is divided into its components (formworks, reinforcement and concrete). The control sheets are then associated to each process; the control checklist and required attachments will be part of the building-related information database.

2.3 LOD 200 modeling (technical elements)

The preliminary modeling starts from the definition of the technical elements the building consists of. The reference to UNI 8290 allows the classification related to technological units and technical elements categories. The function of each structural part is identified as follows:

Foundation structure:	Direct (Foundation plate)
Ground-elevation structures:	Horizontal (beams and slabs)
	Vertical (pillars and walls)
	Inclined (stairs)

The BIM model is not a three-dimensional modeling for the definition of the volumes or structural design, but a virtual model that is used to define in a comprehensive fashion a portion of the building and to organize data and information in a simple and constructive manner. [4]

Being the control plan set according to the division by technical elements, it is essential to identify the type and the position of the same. [6]

The first model is very simple, since its purpose is to associate each technical element with all information necessary for an effective control during the construction process. This level of modeling may be attached to the contracts for the execution and contractualization of the control plan, procedures, timing, attendance and the responsibility of each actor involved in the process. At this level, in fact, BIM allows you to define a complete geometry, and consequently the acceptable tolerances for each technical element (in compliance with UNI EN 13670: 2010).

Moreover, already at this stage, it is able to connect all the control sheets introduced in the previous paragraph. By defining a control plan, integrated with the site works plan, you can immediately schedule controls in relation to the work implementation. [7]

To perform the modeling of what we have previously illustrated, we used the following parametric software:



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

- Revit Autodesk® 2014, a CAD and BIM program for Windows operating systems that enables the design with elements of parametric modeling and design
- Autodesk Navisworks® 2014, which is a revision package for 3D projects that allows you to open and combine 3D models and carry out simulations

Then the indications and the layout of the site reported are relevant mainly to these applications. By using Revit® for modeling it was possible to create for each type of technical element the appropriate family, complemented by the parameters needed to define it. The use of parameters allows a single family to be sufficiently flexible to address issues that might otherwise require more families to be properly handled.

2.4 LOD 400 modeling

In order to be able to perform a more detailed analysis of the technical element analyzed, with reference both to time aspects and implementation phases, we decided to transit to a higher definition level - corresponding to a LOD 400 - by controlling the project in the construction phase. For simplicity's sake we shall define this modeling step#2. Now the technical elements analyzed are classified according to the most elementary constituting processing. As regards the pillar element, we will explain the 3 main stages (distinguished by the processing stages) starting from the first deck completed:

2.5 Operational BIM model creation

The BIM model creation has not only involved the inclusion of the control plan presented but the also the modeling and the parameterization of all the elements the site consists of, i.e. machinery, provisional works, site road-system, etc. [8] All this with a view to assessing the impact of cost, time and environmental pollution involved in several technological solutions (solid floor, predalles-slabs made floor), [9] using different casting modes (with pump-truck or bucket).

2.6 Dynamic model creation with Naviswork

Software Autodesk Navisworks® provides advanced tools and powerful features that allow improving planning and operational choices, as well as project information management. It is possible to combine the multidisciplinary design objects created in the BIM model with the durations analysis developed with Project® into a single integrated project model, thus being able to run a construction simulation. By importing the time schedule from Project platform and setting the rules for establishing the connection between the graphic elements from Revit and the processing items from the Gantt chart, it is possible to generate a dynamic model. As to the individual processes definition, it is possible to identify two categories:

- The provisional works, such as the formworks, supports, scaffoldings and the security measures that are placed in the "temporary" category
- Works that involves the definitive materials laying and that are placed in the "construction" category

The BIM model allows therefore examining and simulating several site hypotheses, being able to visually and virtually analyze both the criticalities and interferences between contemporary

processing, check the validity of the safety measures applied and the sustainability of the project's technological and construction choices.

The objective of this work was to set up a model that could help to evaluate the best technology from the time, economic and environmental impact point of view and the best constructive choice to build the cast-in-place reinforced concrete structures of the extending building, then defining the parameters in relation to a certain site context. The evaluation is carried out by a spreadsheet that uses as input the data related to the site analyzed and performances of the catalog technical data sheets of the means adopted. These data are extrapolated directly from the BIM model, are processed by the program and then output values are calculated, which will serve as a basis for the evaluation of the most suitable constructive choice. This method allows you to evaluate several operational choices and technological solutions, so that you are able to make more conscious choices more in relation to results that take into account several factors such as the site context, means and equipment, logistics, technical elements positioning, materials quantity and characteristics, supply and installation timing, controls timing, costs and environmental impact. This analysis can be considered as a reiterable method in "n" different contexts apt to propose a method which takes into account detailed dynamic analysis as real and reliable as possible, thus making the BIM project a reliable control method and a valuable support tool for the company in the formulation of the most suitable constructive choice concerning cost, time and sustainability related to the site context, which may differ every time.

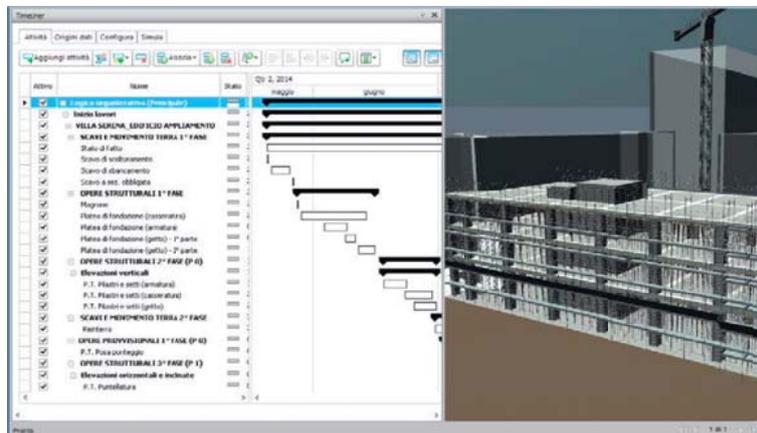


Fig 1. Interface between model and Gantt Chart generated with Naviswork program

It is crucial to emphasize that the output generated by this dynamic analysis must be information that is implemented in the BIM model.

2.7 Evaluation of technological and operational choices

Two different modes of casting structures related to the cast-in-place reinforced concrete structure will be considered, i.e.:

- 1) Casting with pump trucks
- 2) Casting with bucket

The evaluations were carried out for casting of pillars, baffles and slabs, considering for the latter two technologies:

- 1) Solid floors
- 2) Predalles-slabs made floors with composite casting

As regards the emissions assessment we have used the "CO₂ factor" defining a value equal to 2.65 kg of CO₂ per liter of diesel fuel consumed.

2.8 Dynamic analysis for the vertical structures

As to the evaluation of cost, time and emissions for the construction of vertical structures, such as pillars and partitions, two constructive modes were evaluated:

- 1) The first concerns the casting with bucket. This includes the use of an air forklift, for example a crane that, through an appropriate bucket, loads the concrete from the mixer truck and brings it close to the technical element to realize, releasing the concrete inside the formwork. [8] To analyze this casting mode, we need therefore to take into account:
 - The technical characteristics of the crane adopted and the handling timing (ascent, rotation, descent, translation)
 - The concrete supply method to the site
 - The redundancy of operators' constructive gestures to perform the casting and the downtime generated, which will be crucial for the scanning of the elementary and total durations
 - The duration of the vibration means and cast concrete subsidence

From the crane datasheet we will obtain and subsequently enter essential input parameters, such as:

- The lifting speed (during loading and unloading) in m/min, in our case: load 35 m/min – unload 50 m/min
- The trolley travel speed (during loading and unloading) in m/min, in our case: load 0.8 m/min - unload 1 m/min
- The arm rotation speed (during loading and unloading) in m/min, in our case: load 25 m/min - unload 35 m/min
- The crane travel speed (during loading and unloading) in m/min, in our case: load 35 m/min - unload 50 m/min
- The weight of base and top ballast and the weight of the crane

A further input element is the load diagram of the crane, reported in the technical sheet, which correlates the maximum load supported depending on the trolley travelling speed along the arm.

- 2) The second consists in carrying out the casting through the use of an external mechanized resource that casts the concrete (pump truck). In order to analyze this operating mode, we need to take into account:
 - The choice of the pump truck used, since it must have characteristics suitable to the site configuration and comparable to other resources it interfaces with (such as the truck mixer) [10]
 - The duration of the castings and downtime characterized by operator's gesture who must be able to reach the quota concerned for the casting of each discrete element

- The duration of the vibration means and cast concrete subsidence
- The actual consumption of the machinery subjected to different degrees of stress depending on the distance and elevation of the casting point.

Then we need to identify the exact position of the elements to implement, by setting a coordinate grid which allows calculating the distance from the positioning point of the crane and the pump truck.

Once the choice of the bucket type to use is made, we need to determine the duration of the castings. In order to assess this parameter, we will determine:

- 1) The number of the crane lifts needed, determined by the casting amount of each element divided by the flow rate of the chosen bucket
- 2) Downtimes relating to the casting release, the movements of the bucket depending on the technical characteristics of the crane, the operator's elementary gestures and the vibration operations

	VOLUMI			Distanzi gru [m]	Max. carico concesso [t _a]	Capienza benna relativa []	Scelta della benna []	CHECK	Numero tiri di gru necessari		
	PT [m ³]	P1 [m ³]	P2 [m ³]						PT	P1	P2
P1	1,09	0,77	0,77	24,0	2100,00	600,00	500,00	Ok	2,2	1,5	1,5
P2	1,09	0,77	0,77	26,6	1700,00	500,00	500,00	Ok	2,2	1,5	1,5
P3	1,09	0,77	0,77	28,2	1700,00	500,00	500,00	Ok	2,2	1,5	1,5
P4	1,09	0,51	0,51	26,6	1700,00	500,00	500,00	Ok	2,2	1,0	1,0
P5	1,09	0,77	0,77	32,1	1500,00	400,00	400,00	Ok	2,7	1,9	1,9
P6	1,09	0,77	0,77	17,4	3000,00	1000,00	500,00	Ok	2,2	1,5	1,5
P7	1,09	0,77	0,77	22,6	2100,00	600,00	500,00	Ok	2,2	1,5	1,5
P8	1,09	0,77	0,77	28,9	1700,00	500,00	500,00	Ok	2,2	1,5	1,5
P9	1,09	0,77	0,77	13,3	3000,00	1000,00	500,00	Ok	2,2	1,5	1,5
P10	1,09	0,51	0,51	19,6	2440,00	800,00	500,00	Ok	2,2	1,0	1,0
P11	1,09	0,77	0,77	26,6	1700,00	500,00	500,00	Ok	2,2	1,5	1,5
P12	1,09	0,77	0,77	11,1	3000,00	1000,00	500,00	Ok	2,2	1,5	1,5
P13	1,09	0,77	0,77	25,6	2100,00	600,00	500,00	Ok	2,2	1,5	1,5
P14	1,09	0,77	0,77	11,8	3000,00	1000,00	500,00	Ok	2,2	1,5	1,5
P15	1,09	0,77	0,77	25,9	2100,00	600,00	500,00	Ok	2,2	1,5	1,5
P16	1,09	0,77	0,77	15,2	3000,00	1000,00	500,00	Ok	2,2	1,5	1,5
P17	1,09	0,77	0,77	20,9	2440,00	800,00	500,00	Ok	2,2	1,5	1,5
P18	1,09	0,77	0,77	27,6	1700,00	500,00	500,00	Ok	2,2	1,5	1,5
P19	1,09	0,77	0,77	24,5	2100,00	600,00	500,00	Ok	2,2	1,5	1,5
P20	1,09	0,77	0,77	30,4	1700,00	500,00	500,00	Ok	2,2	1,5	1,5
P21	1,09	0,77	0,77	32,2	1500,00	400,00	400,00	Ok	2,7	1,9	1,9
S0	3,47	2,45	2,45	22,6	2100,00	600,00	500,00	Ok	6,9	4,9	4,9
S1	4,22	2,98	2,98	22,9	2100,00	600,00	500,00	Ok	8,4	6,0	6,0
S2	3,47	2,45	2,45	21,0	2440,00	800,00	500,00	Ok	6,9	4,9	4,9
S3	4,22	2,98	2,98	20,7	2440,00	800,00	500,00	Ok	8,4	6,0	6,0
S4	11,26	7,94	7,94	22,5	2100,00	600,00	500,00	Ok	22,5	15,9	15,9
S5	5,79	4,08	4,08	20,3	2440,00	800,00	500,00	Ok	11,6	8,2	8,2
S6	11,67	8,23	8,23	18,3	2440,00	800,00	500,00	Ok	23,3	16,5	16,5
S7	3,28	2,29	2,29	22,4	2100,00	600,00	500,00	Ok	6,5	4,6	4,6
S8	3,13	2,21	2,21	21,0	2440,00	800,00	500,00	Ok	6,3	4,4	4,4
S9	3,26	2,29	2,29	21,9	2440,00	800,00	500,00	Ok	6,5	4,6	4,6
S10	5,45	3,84	3,84	22,1	2100,00	600,00	500,00	Ok	10,9	7,7	7,7
Totali	82,09	57,35	57,35						165	115	115

Fig 2. Number of crane lifts needed to cast the vertical structures

The use of a computational model associated with a parametric virtual reality allows defining transparent and reasoned definition of material, means and resources (human and mechanical) necessary for the execution of each individual work, also allowing the company to carry out a preventive work program as possible adhering to reality, by implementing more suitable and advantageous choices about the executive procedures to perform essential steps while optimizing timing and costs and reducing the environmental impact.

These timing depend on the work nature, the implementing measures, the quality and quantity of resources used, the site physical and environmental conditions, the teams' technical-operational skill, the organization and management of the entire implementation process. [10]

By associating the durations values to each activity and complying with the logical constructive priorities, you determine the timescale (through Gantt Chart) that allows you to monitor the work progress on the evaluation date and effectively compare what was planned to achieve and what has actually been achieved.

Once you have defined the phases contextualized in the implementation times and costs and considered the resources used, you can carry out a dynamic analysis of some operating modes for realizing the technological solutions of the structures used.

These data will be extrapolated from the BIM project and then via a simple spreadsheet you will formulate the outputs that will serve as the basis for drawing up the most suitable and reasoned constructive choice. The output generated by this dynamic analysis will return in the BIM model of the analyzed intervention, thus completing the information also in details.

In the first instance we take as example the analysis of two different ways of casting the vertical structures, i.e.:

- 1) **Using a crane equipped with bucket.** This mode includes the use of the site crane which, through a suitable tank (bucket) moved with the arm of the crane itself, loads from the truck mixer the concrete to bring it to the altitude and distance involved and thus allow the release of the paste inside the formwork. To analyze it we need therefore to take into account:
 - The technical characteristics of the crane adopted and the relevant handling timing
 - The concrete supply method to the site
 - The redundancy of the operators' construction gestures to perform the casting and the downtime generated, which will be crucial for the scanning of the elementary and total durations
- 2) **Using a pump truck.** In order to analyze this operating mode we need to take into account:
 - The choice of the pump truck used, since it must have characteristics suitable to the intervention site configuration and comparable to other resources it interfaces with (such as the truck mixer)
 - The duration of the castings and downtime characterized by operator's gesture who must be able to reach the quota concerned for the casting of each discrete element
 - The duration of the vibration means and cast concrete subsidence
 - The slump test of the concrete cast from the pump truck to analyze if the actual performance is in line with what was requested
 - The actual consumption of the machine subjected to different degrees of stress depending on the distance and elevation of the casting point .



Fig 3. Modeling of the construction phase "casting with bucket"



Fig 4 Modeling of the construction phase "casting with pump truck"



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

By importing the data related to the vertical structures from the model in Revit, you set a coordinate system to determine the distances between the elements and means involved (pillars, crane, pump truck, truck mixer). It is important to establish for each choice analyzed the site means used to understand what is the critical resource that will determine the time. To these you will add costs and the durations of vibration and supply by a truck mixer.

For each machine used you will determine, depending on the duration of use and the relative engine performance graph, the quantity of fuel or electric absorption. Then you will extrapolate their environmental impact through the production of CO₂ generated. [9]

As regards the casting with crane, which depends on the load diagram relative to the type of crane adopted, you will determine the bucket to be used and, consequently, the number of lifts required. The durations are defined by the technical characteristics of the crane (i.e. the crane lifting speed, the trolley travelling speed, the arm rotation speed and the crane travelling speed, which differs for loading and unloading) related to the site configuration and the operators downtime to perform each handling.

To determine the execution times with the pump truck, you need to take into account, in addition to handling times relating to the technical characteristics of the means' arm and the operators' downtime, even the operational performance of the pumps: in fact, for each quota z of any x,y the power required depends on the total discharge pressure. Once you have determined the parameters of the power required for each item to cast, it is possible to obtain the value of the fuel hourly consumption to determine the associated CO₂ cost and the production.

3 CONCLUSIONS

By analyzing the results obtained with the two casting methods you can see how the highest degree of mechanization in the casting implementation through pump truck affects the result, which entails a higher cost, with a total deviation of €2.930 for the total casting of all vertical structures, a time contraction of 12 hours and 23 minutes in total but even a substantially higher environmental impact with an 88% increase of the average load of harmful emissions

By setting a spreadsheet you can connect the summary sheets of the results related to the types of casting analyzed for each element, contextualized in the areas of cost, timing and emissions of CO₂, with the BIM model.

By defining the position in the Cloud for sharing communication data between platforms BIM [11] and using a unique name for the sheet associated with the technical element analyzed, it is possible to connect such output sheet to the relevant element modeled in Revit via URL link. By changing the input data, the new sheet generated will overwrite the previous one, thus allowing an immediate update of the information.

To implement the dynamism degree of the analysis performed it is possible to repeat the calculation to determine the most suitable structural solution for interfloors implementation:

- Solid floor implemented through bucket
- Solid floor implemented through pump truck
- Predalles-slabs made floors implemented through composite casting with bucket

- Predalles-slabs made floors implemented through composite casting with pump truck

The calculation is bound to the critical resource used which determines the durations depending on the technical characteristics and the site configuration. The results obtained are affected by the difference in the reinforcement incidence between the solutions, thus making total costs comparable. The timing and environmental impacts will vary depending on the mechanization degree, and therefore, on the lowest percentage value of the labor force employed.

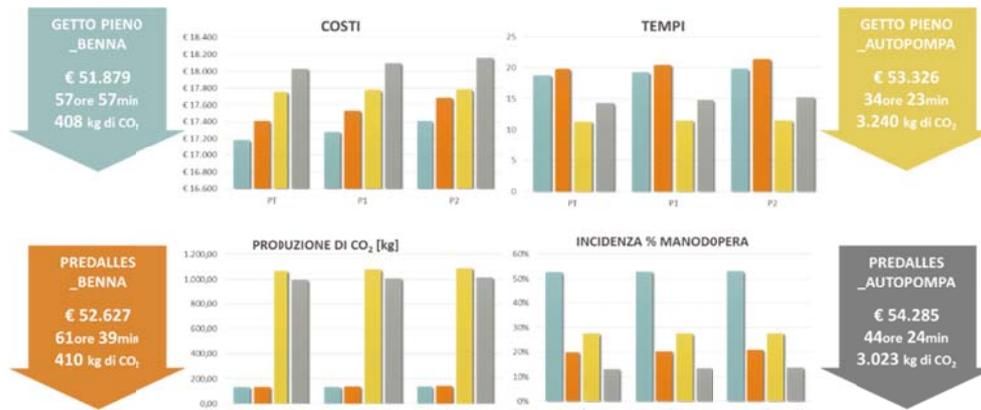


Fig 5. The diagrams of the comparison between the analyzed solutions

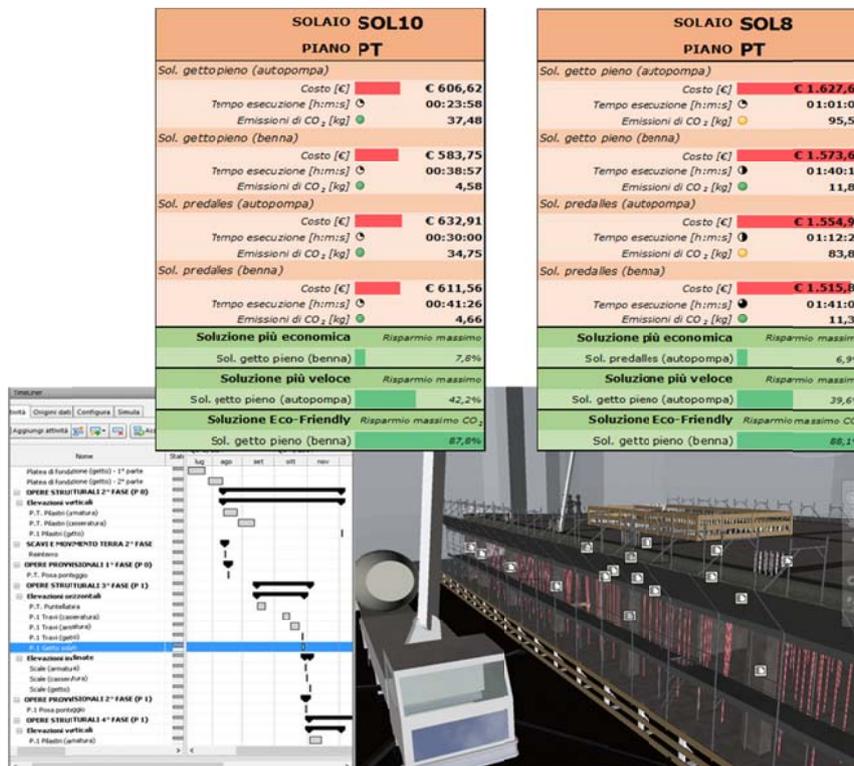


Fig 6. Display of the output for the casting of two floors



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

By evaluating the results histograms, it can be seen how the solid casting solution is the most advantageous in terms of time (if carried out through a pump truck), costs and environmental impact (if carried out through a bucket).

These data will be extrapolated from the BIM project and then you will formulate the outputs that will serve as the basis for drawing up the most suitable and reasoned constructive choice and implementing it in summary sheets which can be associated to the concerned element modeled in Revit. Thus, by assessing all the likely modeling options for different constructive solutions it is possible to obtain a detailed sheet and updated alternatives in order to achieve an accurate assessment of the most appropriate method to adopt. The preservation of shared parameters assigned between the platforms passage (both switching through passage in IFC and automatically from Revit® to Navisworks®) allows the consultation of the sheets assigned even on the Navisworks® platform.

Such a predictive method, based on a theoretical approach, makes it possible to carry out, in addition to a real assessment of timing and costs, an estimation of the consumption and the effective values of the CO2 emission that involves the selection of a constructive methodology over another in a dynamic analysis regime. [12] It is important to note that the results obtained in this discussion make use of the integrated design principle. By offering the possibility to manage in an integrated fashion, a complex information system, referred to the various technological systems and components that constitute the object building, this approach is essential to make sensible, functional and justified decisions by informing any actor involved in the process, from the designer to the construction company, thus allowing an immediate exchange of information and minimizing the probability of any delays and unexpected costs.

4 REFERENCES

- [1] AIA. 2008. E202-2008: Building Information Modeling Protocol Exhibit. 2008.
- [2] 2013. E203-2013: Building Information Modeling and Digital Data Exhibit. 2013.
- [3] 2013. G201-2013: Project Digital Data Protocol Form. 2013.
- [4] II BIM: Guida Completa Al Building Information Modeling, Eastman; Teicholz; Sacks; Liston – HOEPLI
- [5] New York City Department of Design and Construction, BIM Guidelines, 2012.
- [6] Experiences with 3D and 4D CAD on Building Construction Projects. Gao J., Fischer M., Tollefsen T. 2005. Dresden: s.n., 2005. CIB W078 22nd Conference on Information Technology in Construction.
- [7] Villa, Valentina. 2014. Controls on structures' construction, cast in place reinforced concrete structures. Politecnico di Milano: tesi di dottorato rell. F.Mola e G.M.Di Giuda, 2014.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

- [8] Linee_Guida. 2008. Consiglio Superiore dei LLPP - Servizio Tecnico Centrale, Linee Guida. 2008.
- [9] Lavagna, Monica. 2008. Life cycle Assessment in edilizia. Milano: Hoepli, 2008.
- [10] Bocchi, Giuseppe. 1987. Motore a quattro tempi. Milano: Hoepli, 1987.
- [11] The NIST Definition of Cloud Computing. Peter Mell, Timothy Grance. 2011. 800-145, s.l.: NIST, Special Publication, 2011.
- [12] Un futuro sostenibile ed ecocompatibile. Buscemi, Viviana. 2013. 2013, Dossier.

EUBIM 2016
Congreso Internacional BIM / 5º Encuentro de Usuarios BIM

BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*



EXPERIENCIAS REALES CON BIM



MODELADO DE EDIFICIOS COMO TECNOLOGÍA DE ASISTENCIA

Amat Gomariz, Guillermo (1), Ramos Álvarez Ángel (2)

- (1) Zed WorldWide, guillermo.amat@bitmonlab.com
- (2) Zed WorldWide, angel.ramos@bitmonlab.com

RESUMEN

Las tecnologías de asistencia para personas discapacitadas están obteniendo una gran evolución en los últimos tiempos. Las articulaciones robóticas, capaces de realizar las acciones cotidianas necesarias para usuarios de esta condición, pueden verse favorecidas si se conoce el entorno donde el sistema y su usuario se desenvuelven. Gracias al modelado de un edificio, el software asociado a un dispositivo de este tipo puede obtener información adicional del contexto que lo rodea, pudiendo conocer la estancia en la que está ubicado e incluso los objetos que allí normalmente se encuentran.

En este comunicado veremos cómo el proyecto AIDE proporciona, a través del modelado de edificios y un método de posicionamiento en interiores, información de utilidad a un sistema de visión que deberá reconocer objetos y a un componente reconocedor de lenguaje natural que deberá interpretar comandos de voz. Debido a la información de contexto enviada, ambos elementos podrán refinar los resultados de identificación del comando de voz y del objeto asociado al comando. A lo largo del documento describiremos cómo se ha creado el modelo del edificio, el sistema de posicionamiento y el modo en el que se obtiene la información de contexto.

Palabras clave: *localización en interiores, modelado, reconocimiento del lenguaje, tecnologías de asistencia*

ABSTRACT

Assistive technologies for disabled people are achieving a great evolution nowadays. Devices like robotics exoskeletons, performing common activities needed by their users, can be improved if the environment where they are working is known. Due to building modeling, i.e. a disabled person's house, the software component is able to obtain additional information about the surrounding context, allowing for instance to determine the room where it is or even the objects normally found in such place.

In the proposed communication, we will explain how the AIDE project provides information, through building modeling techniques and an indoor positioning system, to a computer vision component which recognizes objects and also to a human language recognizer that interprets voice commands. Because of the context information sent, both components have a better accuracy when identifying the voice command firstly and the associated object secondly. In the document we will describe how the building model has been created, the indoor positioning system and the way the context data is given to the system.

Keywords: *assistive technologies, indoor location, language recognition, modeling.*



1 INTRODUCCIÓN

Bajo el término de tecnologías de asistencia se engloban todas aquellas técnicas ideadas para facilitar la realización de tareas cotidianas a personas que tienen algún tipo de discapacidad. En muchas ocasiones, estas acciones habituales ocurren en el lugar de residencia de la persona afectada por una de estas dolencias. A lo largo del presente documento explicaremos como un sistema de asistencia capaz de identificar objetos mediante visión artificial y reconocer comandos de voz, puede ser enriquecido y ofrecer mejores resultados gracias al modelado del edificio en el que la persona discapacitada reside. La experiencia y trabajo en el que se basa este escrito se enmarca dentro del proyecto AIDE (Adaptative Multimodal Interfaces to Assist Disabled People in Daily Activities). Su objetivo es la creación de un prototipo de asistencia multimodal que pueda hacer funcionar un brazo robótico instalado sobre una silla de ruedas.

Podemos establecer una clasificación de las discapacidades existentes según sean de tipo visual, auditivo, de movilidad o cognitivas. En el caso que nos ocupa nos centraremos especialmente en las dos últimas. Una práctica común para facilitar la vida diaria de los usuarios con movilidad reducida, es la de acoplar un brazo robótico a la silla de ruedas con la que esta persona se desenvuelve. Esta combinación viene repitiéndose desde hace algunos años [1] y actualmente podemos encontrar brazos más ligeros, como por ejemplo el JACO 3 Fingers de Kinova Robotics [2]. Estas articulaciones son accionadas normalmente mediante un joystick pero si el grado de movilidad del usuario es menor se debe buscar otra alternativa. Algunas de estas nuevas propuestas de interacción se basan en dispositivos de electroencefalografía (EEG) [6], reconocedores del lenguaje natural para el manejo de los aparatos eléctricos del hogar [12], técnicas de seguimiento ocular que permiten el manejo de interfaces gráficas mediante dispositivos como las Google Glasses [3] y, gracias a las mejoras del hardware gráfico existente, también en el reconocimiento de objetos a partir de sus características tridimensionales [13].

Por otro lado, el modelado de edificios ha estado tradicionalmente asociado al campo de la arquitectura, si bien en los últimos años ha surgido interés por este tema en el área de los sistemas de información geográfica (SIG) [4]. El desarrollo tecnológico y los nuevos gestores de bases de datos con capacidades geoespaciales, permiten plantear conceptos como la navegación en interiores [5], para lo cual es necesario conocer la posición del usuario allí donde un GPS no es capaz de proporcionarla. La diferencia con el posicionamiento exterior estriba en que a la coordenada de la ubicación se le une el nivel de planta, que sustituye a la altura respecto al nivel del mar. Mientras que la última suele ser irrelevante para muchos casos prácticos de la localización en exteriores, el posicionamiento en interiores simplemente no funcionaría sin el concepto de nivel. Queda patente por tanto que, para posicionar objetos e individuos en el caso que nos interesa, será necesario tener el modelo del edificio donde se despliega nuestra solución.

Para el proyecto AIDE se ejecuta la aplicación cliente en un ordenador colocado en la silla de ruedas del usuario, con lo que se puede determinar su posición de forma permanente y reducir el abanico de las posibles acciones que este puede solicitar mediante su mirada o su voz. El conjunto completo tiene una arquitectura de tres capas: por un lado el



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

almacenamiento de datos se realiza en una base de datos MongoDB, sobre ella se sitúa una capa lógica que ofrece servicios expuestos públicamente a través de un interfaz web REST con presentación de datos en formato JSON. Esta capa de servicios puede ser consumida por cualquier aplicación y en el caso presentado se corresponde con la que se ejecuta en la silla de ruedas.

A lo largo de esta comunicación se expondrá la metodología utilizada para este proyecto. Nótese que tanto las herramientas como los formatos y los procesos proceden del proyecto Open Street Map y la representación que se desea obtener es 2D. Por esta razón dedicaremos una sección a evaluar la posibilidad de llegar al mismo resultado mediante procedimientos BIM (Building Information Modeling).

El resto de este documento está estructurado de la siguiente manera: el segundo apartado describe cómo se ha realizado el modelado para el proyecto AIDE. Posteriormente se introduce el software de posicionamiento en interiores. A continuación, se detallará cómo se utiliza esta tecnología para facilitar información de contexto a los componentes de asistencia a discapacitados. Seguidamente, se dedica una sección al análisis de las posibles acciones que permitirían llegar a los mismos resultados mediante metodologías y herramientas BIM. Finalmente se enumerarán una serie de conclusiones basadas en nuestras experiencias.

2 MODELADO DEL ENTORNO

Uno de los pasos a realizar para tener una solución como la descrita es el de modelar el edificio. Para ello se partirá de un plano y se usará una herramienta de modelado, en este caso JOSM, para obtener el correspondiente modelo de datos georeferenciados.

Dado que Open Street Map es un proyecto GIS, lo que debe obtenerse en primer lugar es la superposición del plano de la construcción en el punto del planeta en que realmente se encuentra, correctamente escalado y orientado. Un requisito previo para esto es cargar la imagen correspondiente al nivel que se va a trabajar y trasladarla, rotarla y escalarla hasta que encaje con la posición real del edificio. Esta posición la obtendremos normalmente a través de una capa de imagen satélite que podemos superponer en JOSM.

Tras haber situado correctamente nuestro plano, dibujaremos sobre el mismo las formas geométricas correspondientes a su contorno exterior y a sus espacios interiores. Como es de esperar, este proceso deberá repetirse para cada uno de los niveles del edificio. Una vez representadas las geometrías de todo el inmueble, se procederá a la introducción de la información asociada a las mismas. Para el caso aquí expuesto, es necesario mantener la información correspondiente a cualquier tipo de área de la residencia como habitaciones, salas, pasillos, escaleras, ascensores y puertas. Además de esto, se mantendrá un catálogo de los objetos que pueden ser encontrados en una determinada estancia.

2.1 Etiquetado básico

Para introducir todos estos datos se han seguido las indicaciones propuestas por la especificación Simple Indoor Tagging de Open Street Map, que utiliza una pareja de clave – valor que se expondrá a continuación para cada uno de los elementos citados. La

nomenclatura utilizada posee el siguiente formato: clave = valor, donde valor tiene las siguientes opciones:

- *: cualquier nombre o número.
- [valor1, valor2, valor3,...]: indica que se debe escoger una de las posibilidades.



Fig 1. Edificio modelado. 2016. Guillermo Amat, Ángel Ramos

Para todos los casos se ofrece el conjunto de etiquetas mínimo siendo posible utilizar datos adicionales para enriquecer el modelo si así se desea:

Etiquetas para edificios	Contorno de una planta
<ul style="list-style-type: none"> • <i>building</i>=* • <i>min_level</i>=* • <i>max_level</i>=* • <i>non_existent_levels</i>=* 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>indoor</i>=level • <i>level</i>=*
Elementos el interior del edificio, las salas y áreas	Puertas
<ul style="list-style-type: none"> • <i>indoor</i>= [room corridor area wall] • <i>name</i>=* • <i>level</i>=* 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>door</i>= [yes hinged sliding...] • <i>level</i>=*
Entradas al edificio	Escaleras
<ul style="list-style-type: none"> • <i>entrance</i>= [yes main ...] • <i>door</i>= [yes hinged sliding...] • <i>level</i>=* 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>stairs</i>=* • <i>indoor</i>= [room area] • <i>level</i>=* • <i>name</i>=*
Ascensores	
<ul style="list-style-type: none"> • <i>indoor</i>=elevator • <i>level</i>=* • <i>name</i>=* 	

2.2 Etiquetado adicional para el reconocimiento de objetos y comandos

El conjunto anterior se corresponde con el etiquetado básico de la información perteneciente a un edificio, según las indicaciones de Simple Indoor Tagging. Sin embargo, esto no cubre todas las necesidades del conjunto planteado ya que es necesario introducir datos adicionales para el reconocedor del lenguaje. Se diferencia este apartado del correspondiente al etiquetado básico por estar tratando etiquetas ideadas exclusivamente para este proyecto. En particular, este conjunto es utilizado para automatizar el proceso de generación de los modelos de lenguaje utilizados por el reconocedor del habla.

Para cada habitación o espacio se deben asociar todos los elementos que pueden ser encontrados en ella y, consecuentemente, son candidatos a ser mencionados por el usuario en una orden al sistema. Así pues, esos objetos quedarán agrupados en varias categorías que se incluirán en nuestro modelo. Concretamente, se distinguen tres de ellas en base a las diferentes formas de interactuar. El primer grupo es el de los objetos estáticos (staticobjects), el segundo es el de los que pueden ser desplazados (movableobjects) y por último el de los dispositivos electrónicos (switchableobjects). El esquema seguido en este conjunto de etiquetas es clave:entero=valor.

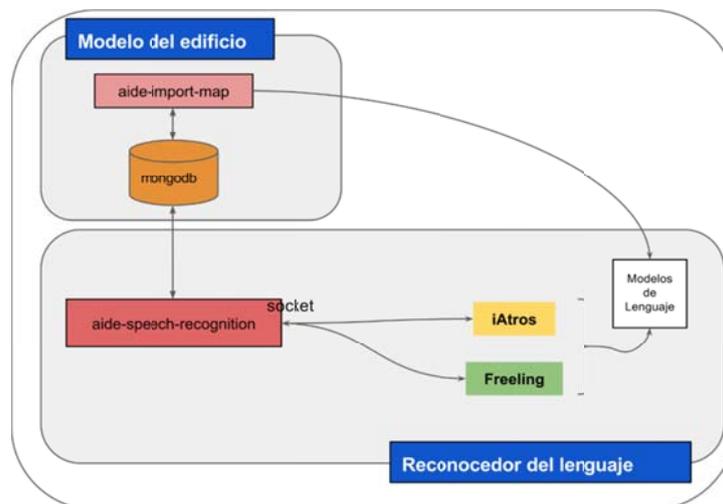


Fig 2. Diseño del reconocedor del lenguaje. 2016. Proyecto AIDE.

La primera de estas etiquetas es `asr_category:n = [staticobjects | movableobjects | switchableobjects]` que sirve para identificar la categoría del objeto.

El conjunto `asr_states:n:lang=*` se utiliza para identificar las diferentes sentencias de palabras con las que el usuario puede referirse a los objetos de una categoría. Por ejemplo, en la categoría 1 del recinto donde está, se pueden identificar en español los siguientes objetos (nevera y microondas) de la siguiente forma: `asr_states:1:es='la nevera; el frigorífico, el microondas'`

Por último, `asr_tag:n=*` es un identificador que, por conveniencia, se codifica de forma adecuada para dar información relativa a la máquina de estados del gestor de diálogo utilizado en el análisis semántico. Por ejemplo: `asr_tag:1=SO00SSO`



2.3 Sistema de reconocimiento de objetos

El reconocedor de objetos se compone de unas gafas para el seguimiento ocular y una cámara RGB para el reconocimiento de los mismos. Mediante el seguimiento ocular se pretende determinar cuál es el elemento de interés para el usuario. Por otro lado, se ha definido una base de datos de objetos para los que se han extraído y almacenado sus características 3D. La información del componente de posicionamiento será utilizada para reducir el espectro de posibilidades y afinar la búsqueda de posibles objetos que encajen con los atributos extraídos por la cámara.

2.4 Transformaciones de datos

Una vez introducidos los datos correspondientes a todas las entidades del modelo, el editor JOSM generará un archivo con formato osm (basado en XML). Debido a que su destino es una base de datos MongoDB, este fichero debe ser transformado a GeoJSON pues esta es la representación de datos geográficos que esta base de datos no relacional utiliza internamente. En el caso que nos ocupa, se ha desarrollado una aplicación JAVA que realiza las pertinentes transformaciones y almacena los datos según los requerimientos mencionados.

3 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO EN INTERIORES

El componente de localización en interiores es una parte fundamental de este proyecto, ya que proporciona la información de contexto necesaria para que los reconocedores de objetos y lenguaje natural aumenten su precisión. A partir de la coordenada y planta proporcionadas por este, es posible determinar el lugar exacto en el que el cliente se encuentra y, cruzando dichos valores con el modelo del edificio, será posible devolver la identificación de la sala en la que el usuario se encuentra y los objetos asociados a tal espacio. Por tanto, este conjunto de objetos reduce el universo de posibilidades a tener en cuenta por los reconocedores.

Como tecnología de posicionamiento se ha escogido la denominada como WiFi Fingerprinting [9]. El funcionamiento comprende el muestreo de las señales de radio emitidas por los puntos de acceso WiFi existentes a lo largo de diversos puntos del edificio. Cada muestra se compone del grupo de señales detectadas en un lugar concreto, de las que se almacena el identificador del punto de acceso y la intensidad de señal percibida en ese lugar. Tomando la mayor cantidad de medidas posible, se crea una base de datos que asocia cada vector de señales a una coordenada geográfica y la planta donde fue tomada. Cuando se dispone de una base de datos completa de todo el edificio, el proceso de posicionamiento consiste en la ejecución de una aplicación cliente por parte del usuario. Esta aplicación envía periódicamente una captura de señales del mismo tipo que las ya almacenadas y, por comparación con las existentes, se escoge la más parecida y se devuelve su coordenada y planta como ubicación del usuario.

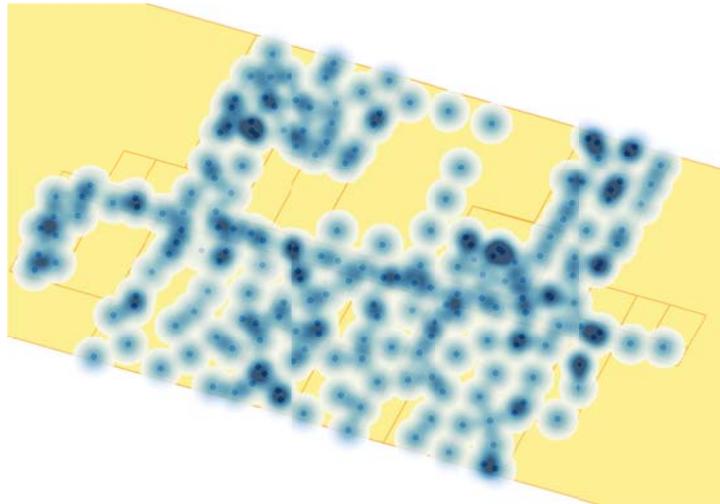


Fig 3. Mapa de calor de las muestras tomadas en el escenario de prueba. 2016. Proyecto AIDE.

Entre las ventajas que se le atribuyen a esta técnica está la de no necesitar infraestructura adicional ya que, normalmente, se encuentran numerosas señales de radio frecuencia de este tipo en cualquier construcción en la que se quiera implantar. Por contra, requiere de un proceso de entrenamiento que puede llevar bastante tiempo, pues se deben tomar muestras de las señales percibidas en la mayor cantidad de puntos posible. Adicionalmente, es recomendable analizar el nivel de error según zonas, para posteriormente hacer alguna sesión de captura adicional allí donde el error es mayor. La precisión de esta técnica, medida como error medio, suele estar entre uno y diez metros si bien la mayoría de las implementaciones se sitúan entre los dos y los seis metros. En el caso descrito, se han realizado unas pruebas preliminares de precisión en el laboratorio LabHuman de la Ciudad Politécnica de la Innovación de Valencia alcanzando un error medio de 2,7 metros.

Escenario	Laboratorio LabHuman
Niveles	1
Superficie	303 m ²
Número de fingerprints almacenados	1975
Fingerprint density	6,51 fingerprints/m ²
Estimated average error	2.7 m

4 USO DE LA INFORMACIÓN CONTEXTUAL

Se han implementado métodos para localizar al usuario y para devolver el nombre de una estancia a partir de una coordenada y planta. Dichos servicios están disponibles a través de un interfaz REST y proveen respuestas en formato JSON. De este modo, el flujo necesario para obtener la información de contexto a aplicar es el siguiente:

1. Primero se necesita localizar al usuario en el interior del edificio. Para ello se llama al servicio de localización que toma como datos de entrada las señales de puntos de acceso WiFi detectados y obtiene a cambio una coordenada y su planta.
2. Para saber la sala o espacio donde se encuentra el usuario, se llama al servicio que ofrece el identificador de ese espacio a partir de una coordenada y una planta del edificio.
3. Sabiendo la ubicación es posible obtener el catálogo de objetos asociado al mismo, lo que permitirá mayor precisión en el reconocimiento visual de los mismos. Por lo que respecta al reconocedor del lenguaje, la acción correspondiente es cargar un modelo de lenguaje específico correspondiente a esa ubicación.

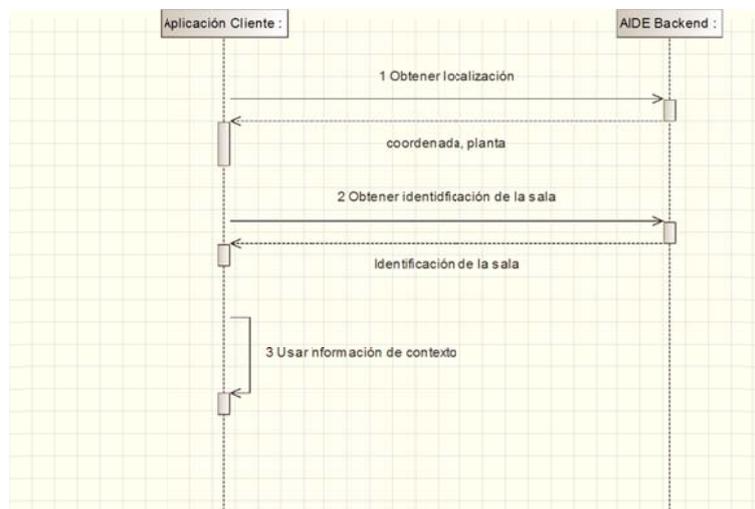


Fig 4. Diagrama de secuencia. 2016. Proyecto AIDE

5 UTILIZACIÓN DE BIM

En este apartado se propondrá un modo de obtener un sistema similar al descrito pero mediante el uso de BIM. La propuesta consiste en sustituir todos los procesos enumerados en el apartado segundo, sobre modelado, que tienen que ver con el uso de JOSM. Tanto para Open Street Map como para BIM existen entornos de trabajo bien definidos como JOSM por parte del primero y Archicad, Revit, etc., en el caso del segundo. También para los dos es posible obtener como resultado un fichero derivado del formato XML lo que permite pensar en una transformación entre formatos. Por tanto, se propone el uso de herramientas BIM para obtener un modelo representado en un archivo ifcXML del que podamos extraer las características necesarias para nuestro servidor de mapas. Dicho de otro modo, lo que se pretende analizar realmente es la posibilidad de convertir un fichero ifcXML al formato de Open Street Map para ser posteriormente cargado en el componente de mapas de interiores de AIDE. La ventaja de seguir estos dos pasos consiste en que, en el caso de tratarse un edificio de interés público, el fichero .osm podría ser cargado en los servidores de Open Street Map quedando a disposición pública.

Actualmente existen ejemplos de transformaciones desde ifcXML hasta formatos como cityGML [10]. Los problemas que suelen encontrarse al crear estos procesos vienen

derivados de que sus modelos suelen poseer diferencias a nivel de estructura y semántica [11]. La transformación desde ifcXML hasta el XML de Open Street Map puede llegar a ser relativamente sencilla si se consideran sólo las restricciones indicadas en la variante Simple Indoor Tagging.

Uno de los primeros aspectos a tener en consideración es que Simple Indoor Tagging está pensada para obtener representaciones GIS en 2D, mientras que BIM parte de herramientas de diseño 3D. Además la metodología BIM incluye muchos más procesos y posibles operaciones a realizar que dan como resultado la necesidad de almacenar una gran cantidad de datos que no son esenciales para el objetivo que se persigue. De este último punto se deduce que hay que establecer, en la medida de lo posible, una correspondencia entre las clases IFC y las entidades manejadas en la especificación Simple Indoor Tagging.

La estructura de un fichero de XML de Open Street Map es muy sencilla. En ella se diferencian nodos (node) y vías (way). En el primer caso se detallan sus coordenadas y sus atributos (tag) si es que los tiene. Las vías listan referencias a los nodos de los que están compuestas y posteriormente indican sus propiedades de forma idéntica a los nodos. Esto conlleva una representación gráfica muy simple pero a la vez muy limitada, no existiendo las circunferencias, por ejemplo, lo que obligará a crear rutinas de transformación desde los objetos guardados con notación CSG o Sweeping en el archivo ifcXML.

Ejemplo de puerta	Ejemplo de sala
<pre><node id= '-9899' visible= 'true' lat= '39.47721431734' lon= '-0.33429782642'> <tag k='door' v='yes' /> <tag k='level' v='0' /> </node></pre>	<pre><way id='-9906' visible='true'> <nd ref='-9806' /> <nd ref='-9844' /> <nd ref='-9787' /> <nd ref='-9806' /> <tag k='indoor' v='room' /> <tag k='level' v='0' /> <tag k='name' v='Sala de estar' /> </way></pre>

Así pues, el procesado del archivo ifcXML puede basarse en los principios expuestos por Isikdag y Zlatanova [11] aunque la algoritmia sería algo más simple debido a que el formato destino es mucho menos exigente que cityGML. A continuación se describen las líneas generales que podrían seguirse para lograr esta transformación:

En primer lugar se analizaría la información necesaria para identificar el edificio y de este modo generar la entidad Building. Asumimos que el fichero fuente estaría georeferenciado con las coordenadas reales. Para obtener el contorno del edificio se tomaría la geometría deducida a partir de la clase ifcSlab que se correspondiese con el suelo de la planta 0. Del árbol del archivo ifcXML se sacarían los datos correspondientes al número mínimo y máximo de planta y se comprobaría si no existe alguno de los niveles intermedios.

No es obligatorio generar los contornos de cada nivel pero si se desease, se podría utilizar la misma estrategia de obtener la geometría de cada ifcSlab de tipo suelo.

Para la creación de salas y áreas interiores es factible el uso de la clase ifcSpace. Es muy probable que esta clase defina un volumen, en vez de un área, en ese caso habría que



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

extraer la geometría inferior del cuerpo. De esta clase obtendríamos el nombre del espacio y el tipo de uso del atributo ObjectType.

Para las puertas se extraerían los datos de la clase ifcDoor, bastaría con indicar en el fichero destino door=yes pero se podría intentar especificar el tipo extrayéndolo de la clase ifcDoorStyle. Para diferenciar las entradas al edificio buscaríamos en el conjunto de propiedades Pset_DoorCommon el valor de isExternal.

En cuanto a las escaleras, de nuevo se tiene una clase que sirve de referencia de una forma bastante directa, se trata de ifcStairs. Se deduciría su tipo del valor de ShapeType y su nombre podría generarse dinámicamente a partir de algunas de sus propiedades, por ejemplo "Escaleras nivel 0 a nivel 1".

Los ascensores son un caso similar al de las escaleras y se procedería con ellos de un modo análogo pero partiendo de la clase IfcTransportElement.

Otros elementos como columnas, vigas o mobiliario pueden llegar a ser de interés y se representarían a partir de ifcBeam, ifcColumn, etc.

6 CONCLUSIONES

Las metodologías y estándares relacionados con el modelado van a jugar un papel decisivo en la evolución de los edificios inteligentes y, por tanto, de las smart cities, donde estos procesos serán muy importantes más allá de la fase de diseño de nuevas construcciones. Además, el proyecto AIDE demuestra que, en el área de la asistencia a las personas discapacitadas, el modelado de edificios no solo permite abarcar aspectos relacionados con la identificación de barreras arquitectónicas, sino también mejorar las acciones de la vida diaria en sus propios hogares, aumentando la precisión de brazos robóticos, gafas de visión artificial y sistemas de reconocimiento del lenguaje. Aunque la experiencia descrita se basa inicialmente en metodologías GIS, se han establecido las pautas que permitirán obtener un mismo resultado mediante el uso de prácticas BIM. Más allá de los propios objetivos de esta experiencia y gracias a la posibilidad de identificar el mobiliario y los obstáculos existentes, se abre la posibilidad de que futuros trabajos basados en los principios aquí comentados permitan que una silla de ruedas robótica pueda seguir una ruta [7] accesible [8] de forma inteligente, seleccionando ascensores, rampas y áreas con la anchura suficiente entre los puntos de salida y destino.

7 RECONOCIMIENTOS

El proyecto AIDE (Adaptative Multimodal Interfaces to Assist Disabled People in Daily Activities) se encuentra actualmente en curso y está financiado por la Unión Europea mediante el programa Horizon 2020 en su apartado Multimodal and natural interaction, Grant Agreement no. 645322.



8 REFERENCIAS

- [1] Redwan M. Alqasemi, Edward J. McCaffrey, Kevin D. Edwards and Rajiv V. Dubey (2005). Analysis, Evaluation and Development of Wheelchair-Mounted Robotic Arms. Chicago: 2005 IEEE 9th International Conference on Rehabilitation Robotics.
- [2] François Routhier, Philippe Archambault, Marie-Claude Cyr, Véronique Maheu, Martin Lemay, Isabelle Gélinas (2014). Benefits Of Jaco Robotic Arm On Independent Living And Social Participation: An Exploratory Study. Indianapolis: RESNA 2014
- [3] James Gips, Muhan Zhang, Deirdre Anderson (2015). Towards a Google Glass Based Head Control Communication System for People with Disabilities. Los Angeles: Proceedings of HCI International 2015
- [4] Thomas Graichen, Sven Quinger, Ulrich Heinkel, Marek Strassenburg-Kleciak (2015). Development of Indoor Environments with a Novel Indoor Mapping Approach for OpenStreetMap. Geomatics Workbooks n° 12 – "FOSS4G Europe Como 2015"
- [5] Michele Ruta, Floriano Scioscia, Saverio Ieva, Danilo De Filippis, Eugenio Di Sciascio (2015). Indoor/outdoor mobile navigation via knowledge-based POI discovery in augmented reality. Singapore: IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology
- [6] Allen, P.K., Weisz, J., & Ying, R.. (2015). Grasping with Your Brain: a Brain-computer Interface for Fast Grasp Selection.
- [7] Ya-Hong Lin, Yu-Shen Liu, Ge Gao, Xiao-Guang Han, Cheng-Yuan Lai. Ming Gu (2013). The IFC-based path planning for 3D indoor spaces. Advanced Engineering Informatics 27
- [8] Timothy Weyrer, Hartwig Hochmair, Gernot Paulus (2014). Intermodal Door-to-Door Routing for People with Physical Impairments in a Web-based Open Source Platform. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 2469
- [9] Nelson Marques, Filipe Meneses and Adriano Moreira (2012). Combining similarity functions and majority rules for multi-building, multi-floor, WiFi Positioning. International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation
- [10] Li Zhu, Huaqing Mao (2015). Building Interior Model Interpolation between IFC and CityGML. The Open Construction and Building Technology Journal, 2015, 9, 170-176
- [11] Umit Isikdag, Sisi Zlatanova (2009). 3D Geo-Information Sciences. Chapter 6: Towards defining a framework for automatic generation of buildings in CityGML using Building Information Models. Berlin: Springer Berlin Heidelberg.



[12] Baig, F., Beg, S., & Khan, M.F. (2012). Controlling Home Appliances Remotely through Voice Command. CoRR, abs/1212.1790.

[13] Candela, E.S., Contero, M., López, D.C., Pérez, M.O., Romero, C.M., Raya, M.A., & Salvador-Herranz, G. (2014). HumanTop: a multi-object tracking tabletop. Multimedia Tools Appl., 70, 1837-1868.



SEGUIMIENTO DE INCIDENTES CON METODOLOGÍA BIM. UNA REVISIÓN A LOS FLUJOS DE TRABAJO ACTUALES Y UNA MIRADA AL FUTURO

Malvar Gómez, Víctor (1), Moreno Barbero, Patricia (2)

- (1) Neanex BVBA. victor.malvar@neanex.com
(2) Infranea BVBA. patricia.moreno@infranea.eu

RESUMEN

Revisaremos brevemente la evolución acerca de cómo la industria de la construcción (en su más amplio término) está intentando solventar la problemática del seguimiento de incidentes en proyectos de construcción. Nos centraremos en la evolución del formato BCF (formato de colaboración BIM) desde sus inicios hasta su actual situación y desarrollo, y hablaremos acerca de cómo el formato BCF está siendo introducido y usado en estos momentos. A la vez, seremos críticos con el citado formato y analizaremos soluciones complementarias y/o adicionales, tanto presentes y en uso como en desarrollo y versión beta y que se prevé serán usadas en el futuro.

Durante la comunicación hablaremos sobre ejemplos prácticos en los cuales nuestras compañías están involucradas como, por ejemplo, un nuevo edificio para la Universidad de Utrecht, en Utrecht (Países Bajos), donde soluciones específicas están siendo implementadas para solventar la falta de comunicación dentro del equipo.

Palabras clave: *BCF, Colaboración, Comunicación, Incidentes, Información.*

ABSTRACT: Issue tracking and BIM. A review at current workflows and a look to the future.

We will briefly review the evolution about how the AECO industry is trying to tackle the problem about issue tracking in construction projects. We will focus in the evolution of BCF (BIM Collaboration format) from its birth until the current situation and development and how BCF is being implemented in current projects. At the same time we will be critic with BCF and will analyze complementary and/or additional solutions. We will have a look to the future to see solutions to this problematic that will come in the next years and are already under development and in beta version in some cases.

During the presentation we will talk about practical examples in which our companies are taking part such us the new building for the University of Utrecht in Utrecht (The Netherlands) where specific solutions have been adopted to handle and solve the miscommunication inside the team for this specific problem.

Key words: *BCF, collaboration, communication, issues, information.*

1 INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción ha sufrido grandes cambios en los últimos años en gran medida provocados por dos grandes hitos de carácter reciente y que, a nuestro modo de ver, están interconectados. En primer lugar, la gran crisis sufrida por el sector desde el año 2008 con grandes descensos de contratación de obra pública y privada [1] y, en segundo lugar, por la revolución tecnológica que busca formas de trabajo más eficientes y sostenibles y que se ha desarrollado de forma paralela a la crisis del sector.

No es por tanto una nueva idea que, debido a que en épocas recientes se ha proyectado y construido de forma desordenada y de espaldas a las nuevas tecnologías, la industria de la construcción y las administraciones públicas estén buscando ahora en esas nuevas tecnologías formas de subsanar errores cometidos en el pasado, a la vez que estas ayudan a mejorar el proceso proyecto-construcción y su interfaz con el mantenimiento de lo construido.

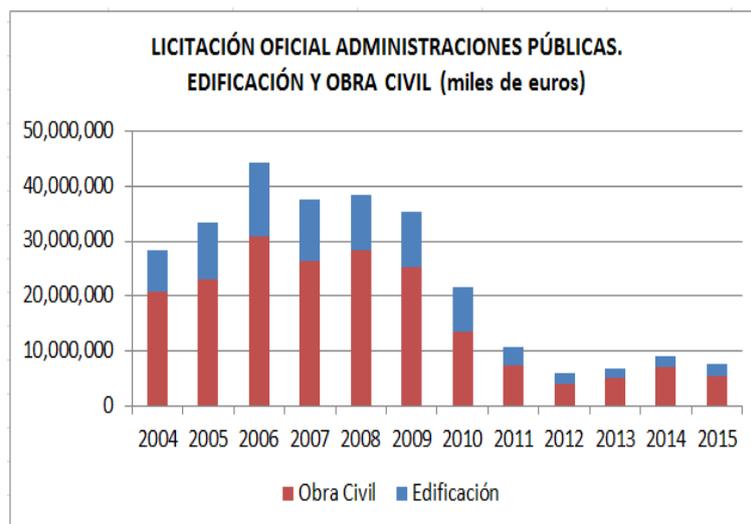


Fig 1. Licitación oficial administraciones públicas en edificación y obra civil. 2016. Elaboración propia

Esta comunicación se engloba dentro de la actual tendencia del sector a buscar, dentro del ámbito de las nuevas tecnologías y metodologías de trabajo, soluciones a problemas que han causado grandes inconvenientes, ineficiencias y costes de no calidad y que, en último término, han ayudado a depreciar la imagen de la industria que nos ocupa en la sociedad actual y que ha sufrido estos años de crisis.

Recientemente, en la tesis final de grado dirigida a un estudiante de ingeniería civil en nuestra empresa [2] y tras llevar a cabo un exhaustivo proceso de encuestas y entrevistas a un muy numeroso grupo de importantes agentes implicados en la industria de la construcción (administraciones públicas, ingenierías y estudios de arquitectura, constructoras, y empresas dedicadas al "Facility management"), concluimos que uno de los mayores problemas que tiene el sector en la actualidad y que provoca mayores costes de

fallo e ineficiencias en el proceso proyecto-construcción es la falta de comunicación entre los distintos agentes implicados en el proyecto y la total falta de colaboración entre ellos.

De hecho, de todas las posibles problemáticas analizadas en el estudio, se concluye que las más influyentes en los costes de fallo son:

- Falta de cooperación e integración entre los distintos agentes implicados en el proceso constructivo
- Disfunción en los procesos de comunicación, tanto interna como externa.
- Falta de conocimiento específico (know-how) para la resolución de un determinado proyecto.
- Diseño incorrecto en relación a los requerimientos establecidos.
- Ineficacia en la gestión y dirección en la coordinación de equipos.

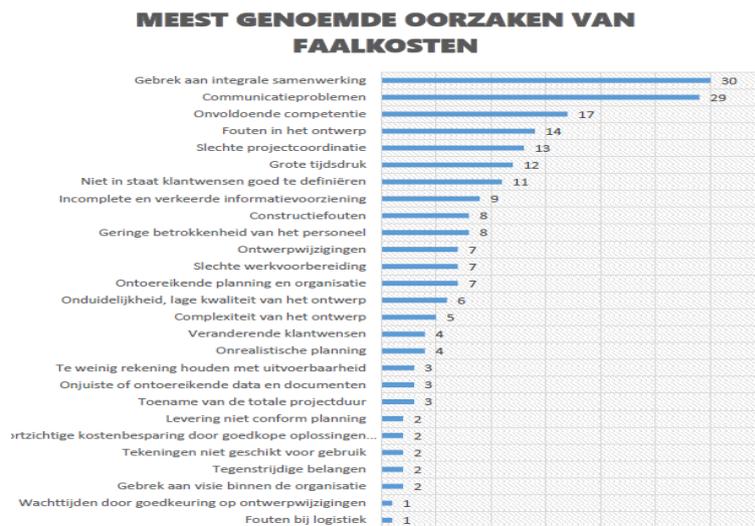


Fig 2. Motivos principales de los costes de fallo en un Proyecto de construcción. 2016. Met iBIM naar optimale kwaliteitskosten. Onderzoeksrapport

Así pues, esta investigación es coincidente con otras sistemáticas y metodologías de trabajo (como la ingeniería de sistemas o el “lean management”) que apuntan a esos mismos problemas como la principal causa de que los proyectos tengan excesivos costes de fallo [3]. Y son esas sistemáticas las que apuntan a que cuanto más se tarde en subsanar los errores dentro del ciclo de la vida del objeto del proceso proyecto-construcción, mayores serán los gastos a la hora de subsanarlos, entendidos estos gastos no solo en términos económicos sino en un concepto integrador del ensamblaje de todos los elementos y agentes que forman parte del proceso productivo.

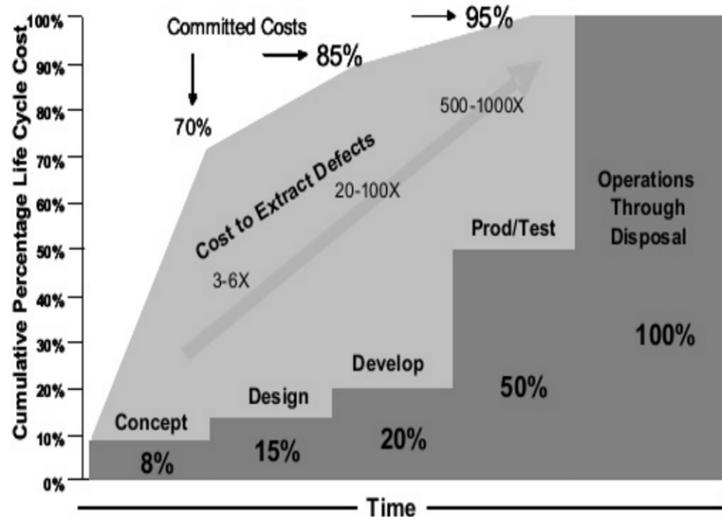


Fig 3. Gastos de los costes de vida de un proyecto en función del tiempo. 2010. A guide for system life cycle processes and activities, International Council on Systems Engineering (INCOSE).

Es por tanto en la comunicación y colaboración algunos de los aspectos en los que la industria de la construcción debe centrar y aunar esfuerzos para incrementar la calidad del producto entregado y mejorar no solo la calidad del producto final sino la calidad y eficiencia del proceso constructivo en sí.

Así esta comunicación se va a centrar en el desarrollo llevado a cabo por “Building Smart” para solventar esa problemática: el formato de colaboración BIM o BCF (BIM collaboration Format) que pretende simplificar y mejorar la comunicación y la colaboración de los agentes implicados en el proceso proyecto-construcción.

2 CONTENIDO

El formato de colaboración BIM, “BIM Collaboration Format” en inglés, y más conocido por sus siglas (BCF), es [4] una forma de intercambiar incidentes, propuestas o peticiones de cambio sin tener que intercambiar todo el modelo BIM en cada una de esas interacciones.

Antes del año 2010 los usuarios finales tenían que realizar ese intercambio utilizando todo el modelo BIM como repositorio de datos. El receptor del modelo tenía que comparar las diferentes versiones del modelo BIM para filtrar las peticiones del emisor del modelo.

A partir de esta problemática dos grandes vendedores de software, Tekla y Solibri, propusieron a “Building Smart” la creación de un formato abierto (open source) que permitiese la comunicación entre diferentes herramientas de software. La meta de la propuesta era la de realizar esta comunicación de forma más sistematizada, estandarizada y limpia (lean).

Básicamente un archivo BCF consiste en una descripción del incidente, un estatus, un “link” a un modelo BIM y un objeto de ese modelo, una imagen de ese incidente y una orientación

de la cámara para esa imagen. El estándar BCF está basado en el intercambio de archivos, estando los incidentes BCF comprimidos en un archivo tipo ZIP (.bcfzip) que es enviado a los receptores de la información [5].

Un flujo de trabajo convencional usando el formato de colaboración BIM (BCF) es, por tanto, una transmisión de incidentes en forma de archivos zip, normalmente a través de correo electrónico y no propone o especifica medios para centralizar la información que pertenece a un modelo BIM.

2.1 BCF v1

Como ya he descrito con anterioridad la práctica convencional en la gestión de incidentes usando metodología BCF es la de crear un archivo que contiene una lista de incidentes. Normalmente esta lista de incidentes se crea a partir de programas como “Tekla BIMsight” o “Solibri model Checker”. Esa lista es posteriormente enviada por correo electrónico al receptor interesado en dicha información que cargará esos archivos en su modelo BIM, contestará -si procede- a los mismos y volverá a enviar esa lista al primer emisor de la información, creando así un proceso iterativo que se repite entre el coordinador del modelo BIM y los distintos agentes implicados en el proyecto.

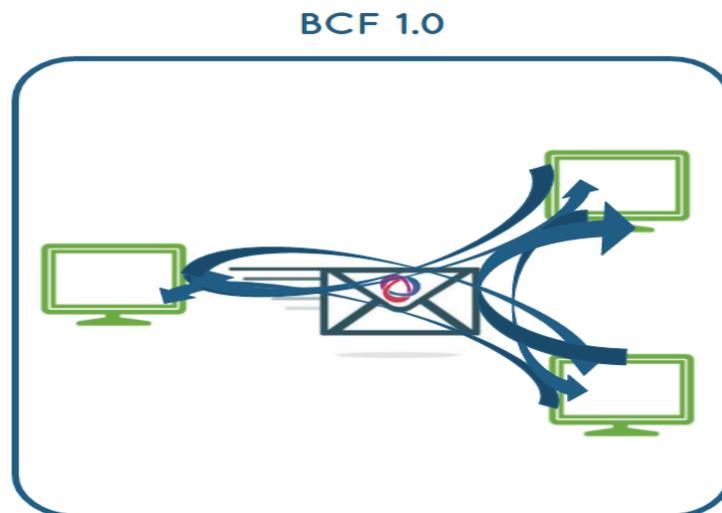


Fig 4. Intercambio de archivos BCF v1. 2016. Elaboración propia.

Este flujo de trabajo hace que sea muy difícil para los distintos agentes envueltos en el proyecto tener una correcta idea general de lo que está sucediendo en el proceso añadiendo, además, el principal inconveniente de que en todo momento la información es estática, dependiendo únicamente de que el coordinador del modelo o los distintos agentes involucrados en él manden la información en tiempo y forma adecuada.

No existe tampoco un punto central de información, sino un cúmulo de correos electrónicos con archivos adjuntos que harán que la información sea imposible de manejar conforme el proceso proyecto-construcción avance y alcance momentos en que la cantidad de



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

información a gestionar aumente. Este flujo de trabajo ha creado listas con centenares de incidentes acumulados y abandonados al no poder gestionar ese intercambio de datos de forma correcta.

Es necesario por tanto, siguiendo esta metodología de trabajo, un estricto protocolo a la hora de intercambiar la información que nos permita en todo momento crear un punto o hito en el que poder comparar el estado actual de los incidentes con situaciones previas y que también defina quién puede enviar esos archivos BCF y en qué momento.

De forma técnica el intercambio de incidentes, utilizando la sistemática BCF, define un archivo XML basado en un esquema (XSD) para intercambiar información con respecto a un cierto archivo IFC. El elemento constructivo al que se refiere ese incidente se identifica por un "GUID" (Global Unique Identifier – Base 64) que es un atributo utilizado en los elementos constructivos para su identificación dentro de un archivo IFC.

La validez del archivo BCF se efectúa validando el esquema XSD a partir del archivo XML. Así, por ejemplo, un incidente que no se refiera a ningún elemento constructivo del proyecto puede ser un archivo BCF válido ya que aunque el elemento no esté especificado en el archivo XML, este puede cumplir el esquema XSD.

La definición completa y contenidos del archivo BCF se puede consultar en la referencia [6].

2.2 BCF v2

Al observar algunas de las carencias y problemáticas en el flujo de trabajo, citadas anteriormente, desde "Building Smart" se decidió crear una Transferencia de Estado Representacional (Representational State Transfer) o REST API para soportar el intercambio de archivos BCF entre aplicaciones software, usando servicios web con el objetivo de usar un servidor central como repositorio de datos para todos los archivos BCF creados a lo largo de la vida del proyecto.

Así, todos los accesos API son transmitidos a través de HTTPS. Los datos son enviados como parámetros "URL encoded query" y "JSON POST bodies" y recibidos como JSON. Todos los recursos tienen un correspondiente esquema JSON (Draft03). "JSON Hyper Schema" es usado para las definiciones de los links. La autenticación se realiza mediante método "OAuth2". Más detalles técnicos sobre esta metodología pueden encontrarse en la referencia [7] de esta comunicación.

Así la topología de la sistemática propuesta usando BCFv2 puede producirse de dos formas diferentes: la primera, en la que los archivos BCF y el modelo BIM comparten un único servidor; y la segunda, en la que los archivos BCF y el modelo BIM se encuentran en servidores distintos. La primera sistemática crea claras ventajas respecto a la segunda (mantenimiento de servidores, interconectividad de datos, etc.) pero, aun así, no solventa la problemática de que el modelo BIM y los archivos BCF estén totalmente integrados. Es cierto que coexisten e interactúan, pero aún carecen del absoluto dinamismo que sería

necesario para manejar la información que se genera durante el proceso proyecto-construcción.

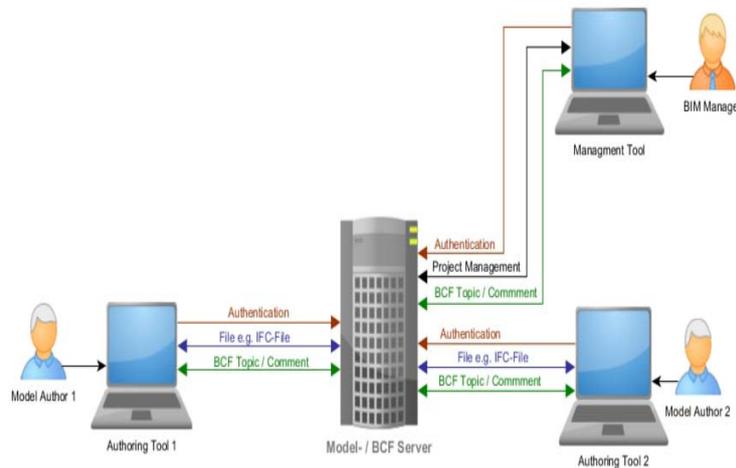


Fig 5. Intercambio de archivos BCF v2 - servidor común. 2015. Building Smart.

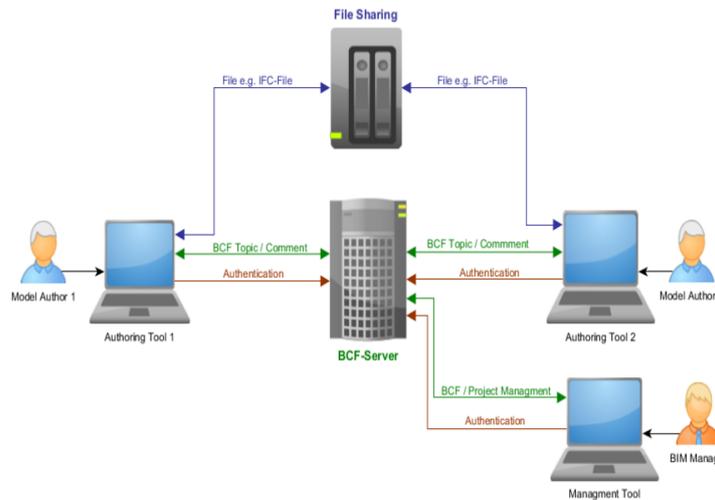


Fig 6. Intercambio de archivos BCF v2 - servidor independiente. 2015. Building Smart.

Así, y aun habiendo resuelto parte de la problemática existente en el flujo de trabajo expuesto, cuando se compartían archivos BCF utilizando la sistemática descrita en el apartado previo (BCFv1), quedan todavía grandes inconvenientes por resolver.

1. Información no estructurada (listas planas de incidentes).
2. Información no inter-relacionada (con documentos, empresas, etc.).
3. Metodología que sólo contempla incidentes relacionados con objetos presentes en el modelo BIM.



2.3 Seguimiento de incidentes en otras industrias

Todo este análisis nos lleva a preguntarnos cómo manejan el seguimiento de incidentes otras industrias que están más desarrolladas tecnológicamente que la industria de la construcción, como por ejemplo la industria de desarrollo de software.

Software bug = Incidente en la Industria de la construcción

Un error de software, comúnmente conocido como “Bug” es un fallo no deseado en una cierta aplicación informática. Cuando los ingenieros de software encuentran “Bugs” en sus aplicaciones ellos recogen de forma sistemática y automatizada información sobre el fallo para poder analizarlo posteriormente y que éste avance a través de una serie de estatus que implicarán una revisión en el código fuente, test (debug), y finalmente una nueva versión del software con el error subsanado.

Básicamente una incidencia en el sector de la construcción es exactamente lo mismo que un “Bug” en el sector de la ingeniería de software pero, en cambio, el proceso de análisis y solución de esos errores no tiene nada que ver en las dos industrias, siendo este proceso mucho más sistematizado y limpio (lean) en la ingeniería de software, así que ¿por qué no adoptar las herramientas de la industria del software a nuestras necesidades?

Los incidentes en el sector de la construcción pueden venir de muchas y diferentes aplicaciones y no todas ellas tienen por qué necesariamente tener acceso al modelo BIM. Por tanto, lo que necesitamos es dotar a todos los agentes del proyecto de una plataforma común en la que poder registrar esas incidencias dotándolas de una clara estructura y que, a su vez, permita crear interrelaciones entre distintos agentes, objetos, documentos etc., implicados en el proyecto.

De esta forma podremos obtener una “única verdad del proyecto”, un punto central de información en la nube, al que siempre podamos tener acceso para conseguir evaluar la situación actual del proceso.

Empresas como Case Inc. [8] Utilizan ya sistemáticas como las aquí descritas con software propio de la ingeniería de sistemas como “Jira”, para permitir este flujo de trabajo utilizando los archivos BCF y los servicios-web que permite BCFv2 para la interacción con la plataforma en la nube.

2.4 Caso Práctico: Nuevo edificio para la Universidad de Utrecht en los Países Bajos

A finales del año 2015 el consorcio SPARK, que aglutina al despacho de Arquitectura “Schmidt Hammer Lassen” danés, y a las constructoras holandesas “Strukton” y “Besix”, ganaron el concurso tipo “DBM” (design–build–maintenance) para diseñar, construir y mantener un nuevo edificio para la Universidad de Utrecht durante los 15 años posteriores a su realización.

BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

El nuevo edificio dotará a esta universidad de 22.000 nuevos metros cuadrados que albergarán entre otros a dos auditorios para más de 200 personas, dos auditorios reducidos, estudios de televisión y radio, un nuevo centro del conocimiento, clases, cafetería, tiendas de comida y un parking para más de 1200 bicicletas.



Fig 7. Interior nuevo edificio Universidad de Utrecht. 2015. Schmidt Hammer Lassen.

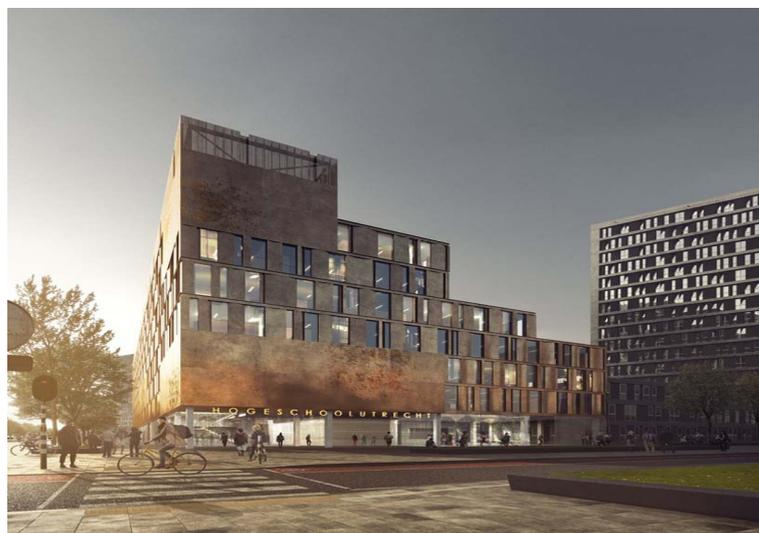


Fig 8. Exterior nuevo edificio Universidad de Utrecht. 2015. Schmidt Hammer Lassen.

En el proceso proyecto-construcción el consorcio ganador, encabezado por la constructora Besix, pidió a Infranea y Neanex el desarrollo de una plataforma en la nube que albergara toda la información relacionada con el proyecto y que, además, soportara el intercambio de archivos BCF de forma dinámica y segura mediante servicios web.

Utilizando los protocolos BCFv2 además de software propio y revisando flujos de trabajo de otras industrias como la ingeniería de software, hemos conseguido que toda la información relacionada con incidentes quede almacenada de forma estructurada en la citada



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

plataforma, consiguiendo además que los incidentes se interrelacionen con todos los demás elementos y agentes que forman parte del proyecto.

Así, un incidente puede tener relaciones no solo con un elemento del modelo BIM, sino también con un responsable de una organización de las que forman el consorcio o con un documento técnico, etc. Y los incidentes no solamente se pueden crear desde el modelo BIM en sí, sino que pueden abrirse y contestarse directamente desde esta plataforma.

Obtenemos de esta forma una única fuente centralizada que nos ofrece, con total certeza, trazabilidad y estructura, una única verdad del estado del proyecto en cada instante.

Además, solventamos el problema de la estaticidad de los archivos BCF, porque esta plataforma nutre siempre a los arquitectos e ingenieros utilizando el modelo BIM de los incidentes en tiempo real creando, así, un entorno dinámico en el que la comunicación fluye sin necesidad de correos electrónicos.

3 CONCLUSIONES

A lo largo de los últimos años la industria de la construcción está sufriendo grandes cambios que la van a acercar tecnológicamente a otras industrias mucho más avanzadas actualmente. Es, por tanto, una necesidad mirar a esas industrias para adoptar flujos de trabajo modernos y contrastados y ajustarlos a nuestras necesidades.

Los esfuerzos realizados por Building Smart para desarrollar un estándar a la hora de registrar incidentes a lo largo del proceso proyecto-construcción-mantenimiento se tienen que ver complementadas con la propia iniciativa del sector que, teniendo en mente esas otras industrias (informática, logística, etc.), debe implementar soluciones que permitan que, usando los “open standards” definidos por nuestra propia industria, la innovación y desarrollo tecnológico facilite los flujos de trabajo de todos los agentes envueltos en el proceso, mejorando la eficacia de sus acciones, reduciendo tiempos y costes con lo que en último término mejoraremos la visión que la actual sociedad tiene de nosotros.

Así pues, el “BIM collaboration format” es una herramienta que, debidamente integrada, mejora muchos aspectos de la problemática que provoca los mayores costes de fallo y que hemos apuntado en la introducción de esta comunicación:

1. Falta de cooperación e integración entre los distintos agentes implicados en el proceso constructivo
2. Disfunción en los procesos de comunicación, tanto interna como externa.
3. Diseño erróneo.
4. Ineficacia en la gestión y dirección en la coordinación de equipos.

Es obligación de las empresas de nuestra industria la implementación de esta herramienta en la forma correcta.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

4 REFERENCIAS

- [1] Fuentes-Bargues, J. L., González-Gaya, C., González-Cruz, M^a C. (2015). *La contratación pública de obras: situación actual y puntos de mejora. Informes de la Construcción*, 67(537): e058, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.12.130>.
- [2] Burguer, R. (2016). *Met iBIM naar optimale kwaliteitskosten. Onderzoeksrapport*
- [3] Haskins S et al. (2010) *Systems Engineering Handbook. A guide for system life cycle processes and activities, International Council on Systems Engineering (INCOSE), San Diego.*
- [4] Nisbet N. (2013). *BCF intro. De: <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/bcf-releases/bcf-intro>.*
- [5] van Berlo L., Krijnen T. (2014). *Using the BIM Collaboration Format in a server based workflow. 12th International Conference on Design and Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning, DDSS 2014*
- [6] Paasiala P., Laukala J., Lifländer L., Linhard K., Pijnenburg E., van Berlo L. (2015). BIM Collaboration Format v2.0 Technical Documentation. De: <https://github.com/BuildingSMART/BCF-XML/tree/master/Documentation#bim-collaboration-format-v20-technical-documentation>
- [7] Varios. (2015). BCF REST API. De: <https://github.com/BuildingSMART/BCF-API>
- [8] McCune M. (2014). *The Future of Issue Tracking for the AEC - How CASE Continues to Craft It. De: <http://collectivebim.com/future-issue-tracking-aec-case-jira-solibri-bcf/#topofpage>*



PRIMEROS PASOS EN EL USO DE UN MODELO BIM PARA LA GESTIÓN DE OBRA

Pallas Espinet, Xavier (1); Pujol Villagrasa, Anna (2)

- (1) Director de BIMETRIC, xpallas@bimetriclab.com.
(2) Jefa de Obra de CRC Obras y Servicios SL, apujol@crcos.com.

RESUMEN

La utilización de modelos BIM en fase de obra presenta retos importantes especialmente en entornos poco maduros donde no existen protocolos públicos que definan con claridad los objetivos, los usos, la estructura de información del modelo y los entregables.

La constructora CRC, Obras y Servicios, SL., con el soporte de BIMETRIC, ha desarrollado una prueba piloto para la implementación de la metodología BIM en la obra de Construcción de la Nueva Escuela de Abrera. Se trata de una obra de nueva planta, para Infraestructuras.cat y por encargo del Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya. El objeto de este documento es dar cuenta del desarrollo de la prueba piloto a lo largo de la fase de obra hasta la entrega del edificio según el esquema siguiente:

1. El plan de implementación.
2. La generación del modelo.
3. La coordinación de los sistemas y su puesta en obra
4. Las mediciones.
5. La planificación de la obra basada en el modelo.
6. El As-built y el libro del edificio.

La prueba ha permitido dar respuesta a las dudas iniciales:

Los resultados obtenidos han de permitir definir un itinerario de implementación a nivel corporativo y establecer un primer protocolo en la empresa.

Palabras clave: *colaboración, gestión de obra, implementación, prueba piloto*

ABSTRACT

The use of BIM models on site presents significant challenges especially in less mature environments where there are no public protocols that clearly define the objectives, applications, model information structure and deliverables that agents can provide at all times.



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València
Valencia, 20 y 21 de mayo 2016*

CRC Obras y Servicios, SL. as general contractor, supported by BIMETRIC, has developed a pilot for the implementation of the BIM methodology on site, in the construction of the New School of Abrera, in Barcelona. This pilot refers to the construction of 4,500 m² school for Infraestructuras.cat. The purpose of this document is to explain the development of this pilot throughout the construction phase, finishing with the handover of the building according to the following scheme:

1. The implementation plan.
2. Model generation.
3. Quantity take-off.
4. Model-based planning.
5. Building systems coordination.
6. Systems installation on site.
7. Virtual mock - ups.
8. The Record Model and the As-built model.

The pilot has allowed solving the initial questions about the aspects bellow:

- How have the activities developed on site changed because of the use of a BIM model?
- Which are the requirements for developing these activities using a BIM model?
- What information adds value to the work process on site, when must it be fulfil and how should it be managed and delivered?
- How does the use of a BIM model impact in the relationship between the general contractor and project manager, subcontractors and owners?

The conclusions of the pilot must allow the definition of an implementation schedule at the corporate level and establish a first CRC protocol

Key words: collaboration, project management, implementation, quantity take-off

1 INTRODUCCIÓN

La adopción de metodologías BIM incrementa el rendimiento, la precisión y la calidad del proceso constructivo [1], permite visualizar los sistemas, integrarlos para su coordinación y automatizar algunos procesos, como las simulaciones energéticas, las colisiones entre elementos o las mediciones. [2]. Sin embargo esta tecnología se desarrolló inicialmente como un conjunto de herramientas para el diseño y solo posteriormente se ha incorporado al resto de procesos constructivos, como la licitación, la gestión de obra o el mantenimiento. Así como las herramientas BIM son bien conocidas y utilizadas en las disciplinas de diseño, son aun relativamente nuevas en la gestión a pie de obra. [3]



En nuestro entorno el esfuerzo en la implementación de metodologías BIM para la mejora de la gestión de la producción a pie de obra es aun escaso. Este documento es parte de nuestra contribución a ese esfuerzo. En él se da cuenta de un caso de implementación BIM en una obra real, la construcción de la escuela de Abrera, en la que el contratista general decide generar y utilizar un modelo BIM para facilitar la gestión de obra de su equipo y conocer de primera mano el valor aportado por la metodología.

2 LOS RETOS

En relación con los beneficios potenciales de la utilización de modelos BIM en la gestión a pie de obra es crucial en este punto identificar los retos a los que se enfrentó el proyecto de Abrera. Se trataba de un edificio para **Infraestructures.cat** de 2.800 m² de superficie, organizado en tres cuerpos edificados de planta baja y dos pisos,. La estructura y la envolvente es de hormigón prefabricado, las divisiones interiores de placa de yeso laminado y dispone de instalaciones eléctricas y mecánicas vistas. El proyecto ejecutivo se desarrolló en CAD y las prescripciones contractuales se facilitaron en formato PDF.

No se disponía de una definición clara de los usos del modelo y su relación con las actividades del Contratista General. Era preciso ir más allá de las definiciones genéricas para diseñar los procesos que permitiesen al equipo a pie de obra disponer de la información necesaria en cada momento.

Sobre la base de los usos del modelo era preciso definir su contenido, teniendo en cuenta que ni el cliente, ni los referentes del mercado, disponían de requerimientos claros y que tampoco estaba claro el valor del modelo en referencia a un proyecto relativamente sencillo y que no presentaba dificultades específicas para la gestión de su puesta en obra.

Finalmente no estaba clara la relación con el resto de agentes, en este caso el cliente, la dirección facultativa y las subcontratas principales, que no habían participado de la iniciativa del contratista general y cuya participación era imprescindible para la correcta implementación de los usos del modelo.

3 EL DESARROLLO DEL PROYECTO

Para integrar con eficacia el BIM en el proceso de ejecución del proyecto es primordial que el equipo elabore un plan detallado de implementación, los pasos a seguir para ello son tres:

1. Definición de objetivos e identificación de usos
2. Contenido del modelo
3. Implementación de usos

3.1 Definición de objetivos e identificación de usos

Coincidiendo con el inicio de obra se definieron cinco objetivos para el proyecto definiendo sus prioridades y se identificaron los usos BIM asociados a esos objetivos según aparece en la Fig. 1.



Prioridad	Contenido del objetivo BIM	Posible Uso BIM
ALTA	REDUCIR CONFLICTOS DE COORDINACIÓN ENTRE SISTEMAS	Generació del model / Coordinació 3D
ALTA	MEJORAR LA COMPRENSIÓN DEL PROYECTO POR PARTE DEL EQUIPO	Generació del model / Visualització 3D
ALTA	MEJORAR EL CONTROL SOBRE EL PLAN DE OBRA	Visualització 4D
ALTA	MEJORAR LA CALIDAD DEL DOCUMENTO AS BUILT	Registre de canvis en el model / Edició de plans
MEDIA	REVISIÓN Y CONTROL DE LA MEDICIÓN DE PARTIDAS CRÍTICAS	Quantificació d'elements sobre el model

Fig. 1. Objetivos y usos BIM

Esta identificación la hizo el equipo de obra del contratista general, con el soporte del consultor BIM. Tratándose de una prueba piloto se limitaron los objetivos y los usos del modelo a las capacidades del equipo y al tipo de obra. Sobre los objetivos definidos se organizó un equipo de trabajo que participó en el proceso de desarrollo del modelo y en la implementación de los usos de coordinación y visualización en las reuniones a pie de obra y en el proceso de registro de cambios y documentación As-built. El equipo estaba formado por:

- Infrastructures.cat
- CRC
- D.O y D.E.
- BIMETRIC
- Subcontratas principales: ROANSA y MERCADOMOTIKA (hasta nivel de encargado)

3.2 Contenido del modelo

La definición de usos permitió establecer la división del proyecto en modelos, la relación entre ellos, su contenido específico y el nivel de detalle adecuado para cada sistema y grupo de elementos. Para ello se utilizó una versión traducida de las tablas que aparecen en *BIM Project Execution Planning Guide* [4]

En este punto fue decisiva para el desarrollo del proyecto la definición y la aplicación rigurosa de un protocolo de clasificación y de una taxonomía de tipificación de los elementos del modelo, que simplificó enormemente la implementación de los usos y que ha servido de hilo conductor en toda la gestión de la información posterior y en la generación de unos entregables manejables y ordenados. Las decisiones tomadas en este proceso se

documentaron en un Plan de Ejecución BIM que ha servido de guía para el uso del modelo a lo largo de todo el desarrollo del proyecto.

Los modelos se generaron desde los archivos DWG del proyecto de ejecución, con el soporte del jefe de obra y en algunos casos de las subcontratas.

3.3 Uso 1. Coordinación de sistemas constructivos y su puesta en obra

El proceso de modelado de los sistemas constructivos se adaptó a los hitos de la puesta en obra con el fin de que el modelo sirviese para poder anticipar y resolver los conflictos antes del lanzamiento de la producción.

La coordinación de sistemas se abordó desde dos escenarios distintos; por un lado la coordinación meramente geométrica se resolvió mediante análisis e informes de colisiones en los que se cruzaba la información de los sistemas a coordinar.

En nuestro caso se resolvió de esta manera la coordinación entre la estructura y las columnas verticales de ventilación y los bajantes de la red de saneamiento, siguiendo el modelo de la Fig. 2. Se entregaron informes que sirvieron para tomar decisiones de ajuste de algunos trazados de saneamiento con los elementos estructurales.

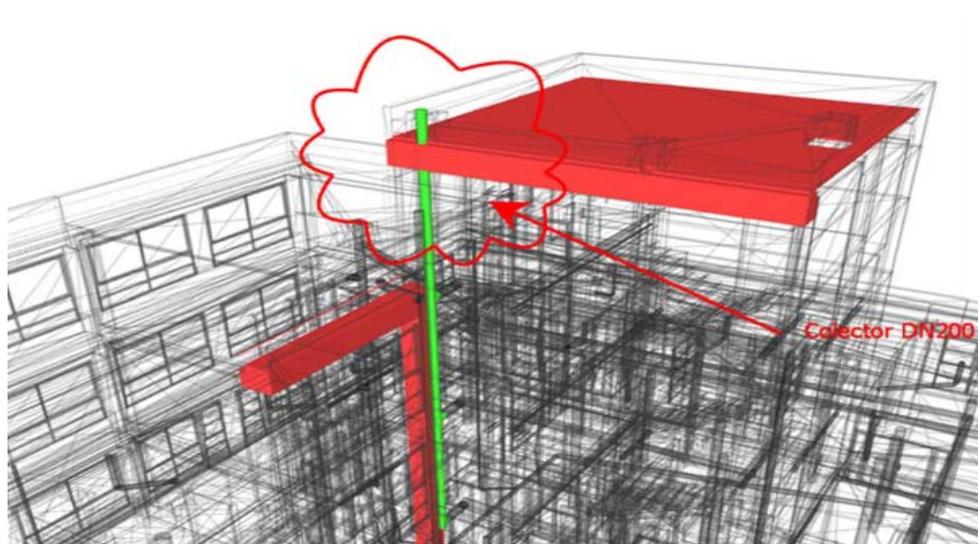


Fig. 2. Detección y análisis de colisiones

El segundo escenario, más ambicioso, abordó la coordinación, no desde la mera geometría sino considerando también aspectos de puesta en obra, viabilidad técnica y constructiva y criterios funcionales y estéticos. Desde esta perspectiva se abordaron los temas más complejos del proyecto:

- Cimentación y saneamiento enterrado
- Estructura prefabricada y paneles de fachada

- Aula tipo (divisiones, revestimientos, falsos techos, instalaciones y equipamiento)
- Instalaciones vistas (sala de calderas, trazados en pasillos y aulas, equipos)

Para abordar estos aspectos de coordinación fue necesaria la participación de todo el equipo. El jefe de obra organizó una serie de reuniones en las que, con el soporte que brinda la visualización tridimensional, el equipo era capaz de entender los conflictos con precisión y proponer soluciones que permitiesen satisfacer a todas las partes. Estas soluciones se modelaban y se revisaban en una reunión posterior de manera que, tras las iteraciones necesarias, se llegaba a validar una solución óptima y lista para llevarse a obra. En estas visitas de obra virtuales, y dependiendo del contenido de cada una, participaron el equipo del contratista general, la Propiedad, la D.O, la D.E., los equipos técnicos de las subcontratas implicadas y los encargados del contratista general y de la subcontrata de instalaciones. Como resultado de este proceso los entregables consistieron en los planos de replanteo necesarios para la correcta puesta en obra de cada sistema. El resultado obtenido permitió que todos los agentes tuviesen una idea clara de cómo iba a llevarse a cabo el trabajo y de cuál era el resultado esperado, y esto antes de la puesta en obra. El resultado se ilustra en la Fig. 3.

Para el desarrollo de este proceso fue decisiva la actitud de los miembros del equipo, abierta a la colaboración y centrada en la optimización del proyecto.



Fig. 3. Diseño y puesta en obra de instalaciones vistas

3.4 Uso 2. Mediciones y recuentos

El modelo se utilizó para la revisión y verificación de las mediciones de los capítulos del presupuesto donde podía aportar más valor:

- Paneles de fachada
- Pavimentos
- Divisorias

- Rodapiés
- Revestimientos
- Falsos techos

El procedimiento seguido no vinculó directamente el modelo a las unidades de obra del presupuesto y se limitó a importar la geometría del modelo y la información de la clasificación de los elementos a una plataforma específica que permitió medir los elementos y extraer tablas de medición según los criterios del presupuesto del proyecto. Los resultados fueron útiles en la medida que permitieron detectar errores y resolver discrepancias con anticipación, sin afectar a los procesos de compra.

Las dificultades más relevantes en el proceso de medición surgieron de los criterios de modelado poco constructivos, que podían enmascarar la información geométrica de los elementos y falsear los resultados, por ejemplo en la definición de componentes o en el modelado de huecos y perforaciones.

El modelado, para ofrecer mediciones plenamente fiables, debe ajustarse al criterio de medición del elemento, no solo en la definición geométrica, sino también en su configuración, relación con otros elementos, maclas y perforaciones. Sin un criterio claro para abordar esos detalles la medición obtenida será siempre una aproximación con multitud de excepciones que no será útil para la gestión de obra.

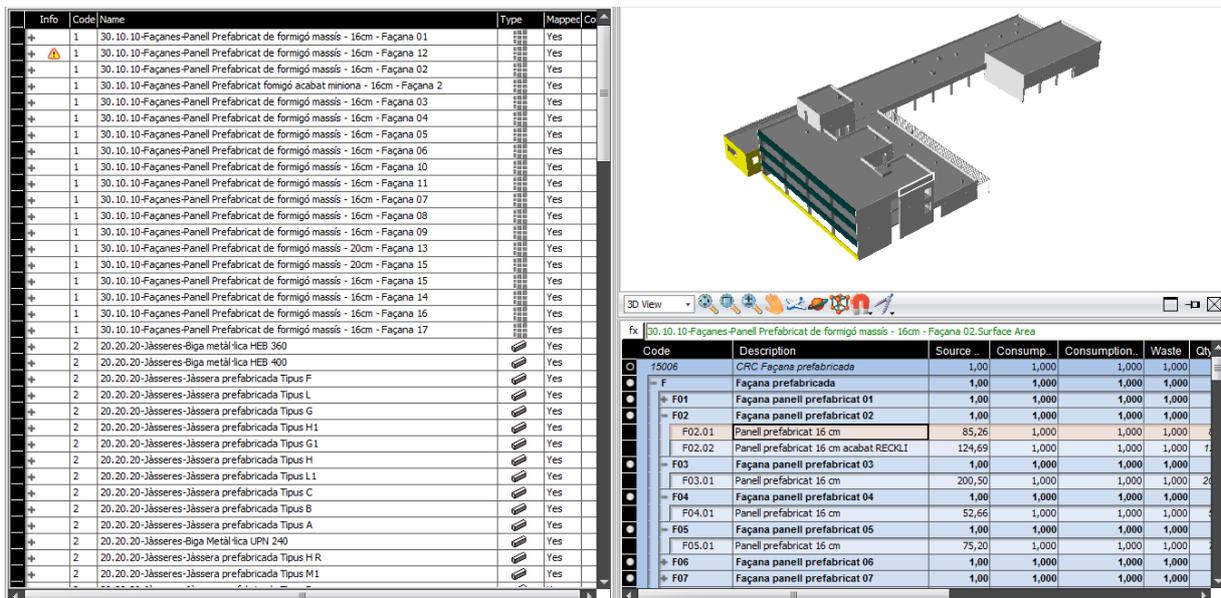


Fig. 4. Flujo de trabajo de la medición

Por otra parte, no basta con obtener una medición fiable, es preciso localizarla en el edificio, la planta, el sector o el recinto concreto, sin esta localización la medición no pasará de ser una cantidad más o menos fiable, imposible de gestionar. Relacionar los elementos con las



áreas de medición requiere un esfuerzo adicional, que en nuestro caso apporto la plataforma de medición (VICO Office) pero que en otros casos pasará por informar los elementos en el modelo.

3.5 Uso 3. Programa de obra

El modelo se utilizó para visualizar la secuencia de montaje de la estructura prefabricada y los paneles de la fachada. Para ello se utilizó una plataforma específica que sobre la información geométrica de los modelos definía unidades de obra y asignaba tareas. El resultado fue una serie de visualizaciones en fotogramas o en animaciones que permitían analizar la secuencia constructiva y su eficiencia.

El valor del resultado final fue relativamente bajo. Por un lado la secuencia no presentaba una complejidad especial y los entregables no descubrieron ningún aspecto que no estuviese ya a la vista en el diagrama de Gantt inicial. Por otra parte, para poner en valor la visualización de la secuencia hubiera sido necesario profundizar en el diseño de la planificación y detallar más las actividades y las áreas de trabajo, de manera que hubiera sido posible abordar problemas de recursos, de personal y de seguridad.

3.6 Uso 4. As built

Sobre el modelo coordinado de acuerdo con lo expuesto en el punto 3.3, se recogieron las modificaciones relevantes introducidas durante la puesta en obra. Este modelo actualizado y validado ha servido para dar soporte a la documentación as-built y al libro del edificio. Los aspectos abordados son dos:

- a. Un inventario de los equipos y elementos relevantes para las operaciones y el mantenimiento del edificio. Este inventario dispone de una parte de información extraída del modelo, correspondiente a la clasificación, el tipo y la posición dentro del edificio, y una parte informada sobre un formulario de datos externo que aporta información acerca de la marca, el modelo, y las revisiones reglamentarias. Esta información se ha plasmado en una hoja de cálculo por cada uno de los sistemas de instalaciones del edificio que permite gestionar la información de cada elemento y que esta dinámicamente vinculada al modelo BIM a través del GUID. Estos inventarios ordenados por sistemas se han añadido a la documentación del libro del edificio, en papel y en formato editable.
- b. Un visor que permite vincular una parte de los documentos del libro del edificio a los elementos del modelo correspondientes, de manera que se puede acceder a la documentación desde el elemento modelado, o bien localizar los elementos que comparten un documento concreto. De esta manera el visor viene a funcionar como un índice de documentos visual. Este modelo documental se adjuntó al conjunto de documentos del libro del edificio.



Adicionalmente el mismo parámetro GUID permite relacionar las tablas del inventario con el modelo del visor, a través de búsquedas específicas.

4 RESULTADOS

El modelo ha aportado valor en la medida que ha posibilitado alcanzar los objetivos identificados inicialmente.

1. Por un lado se ha asegurado un flujo de trabajo estable, reduciendo conflictos y errores en la puesta en obra en los aspectos siguientes:
 - Coordinación de las cotas de cimentación y del trazado del saneamiento enterrado previendo pasatubos antes del hormigonado.
 - Estudio detallado sobre el modelo del despiece de la estructura prefabricada y de su encaje con los paneles de fachada.
 - Replanteo sobre el modelo del trazado de las instalaciones vistas sin haber tenido que rehacer ningún tramo
 - Montaje del aula tipo sin variaciones relevantes respecto a la maqueta virtual modelada.
2. La visualización tridimensional del modelo ha sido un factor decisivo para que el equipo pudiera colaborar de manera efectiva y pudiera abordar con seguridad los conflictos mencionados. Desde este punto de vista la toma de decisiones ha sido más eficiente y de más calidad.
3. La visualización de la secuencia constructiva, al nivel al que se ha implantado, no ha mejorado el control del plan de obra ni ha aportado un valor específico a la organización de los trabajos.
4. La parte de mediciones extraída del modelo ha servido para controlar y revisar las partidas del presupuesto que lo merecían, por su importancia, o por la dificultad de comprobación por otros medios.
5. El documento As-built se ha enriquecido con los inventarios de equipos y con el vínculo visual del índice documental del libro del edificio sin que ello represente un esfuerzo adicional al habitual.
6. La prueba piloto se ha revelado como un marco idóneo para conocer de primera mano el funcionamiento de la metodología y su potencial. Se han acotado los objetivos y el alcance de los usos haciendo posible su implementación efectiva. Sobre la experiencia de la prueba piloto CRC iniciará un proceso de implementación transversal a toda la empresa, definiendo objetivos y usos corporativos, protocolos y plantillas de modelo y un itinerario de implementación de usos.

Según lo dicho, la valoración del cuadro de objetivos expuesto en el apartado 3.1, quedaría como sigue:



Prioridad	Contenido del objetivo BIM	Posible Uso BIM	
ALTA	REDUCIR CONFLICTOS DE COORDINACIÓN ENTRE SISTEMAS	Generació del model / Coordinació 3D	si
ALTA	MEJORAR LA COMPRENSIÓN DEL PROYECTO POR PARTE DEL EQUIPO	Generació del model / Visualització 3D	si
ALTA	MEJORAR EL CONTROL SOBRE EL PLAN DE OBRA	Visualització 4D	no
ALTA	MEJORAR LA CALIDAD DEL DOCUMENTO AS BUILT	Registre de canvis en el model / Edició de planols	si
MEDIA	REVISIÓN Y CONTROL DE LA MEDICIÓN DE PARTIDAS CRÍTICAS	Quantificació d'elements sobre el model	si

Fig. 4. Valoración de objetivos

5 CONCLUSIONES

Una vez completada la prueba piloto podemos responder a los retos iniciales y definir los criterios de implementación más ambiciosos.

1. Cualquier esfuerzo de implementación BIM debe estar dirigido hacia objetivos definidos y claramente formulados y aplicarse sobre las actividades habituales del proceso de desarrollo del proyecto para mejorarlas de manera que los usos BIM sean capaces de aportar valor a cada uno de los agentes que intervengan en el proyecto.
2. El éxito de la implementación no depende sólo de aspectos tecnológicos. Es imprescindible disponer de entornos de trabajo colaborativos que permitan alinear objetivos y compartir información. La actitud no colaborativa de cualquiera de los agentes dentro de ese entorno bastaría para poner en peligro los objetivos del proyecto. Desde este punto de vista implementar BIM requiere modificar las relaciones entre los agentes y la cultura de trabajo en obra.
3. El modelo BIM útil para la gestión de obra tiene requerimientos que obligan a estructurarlo de una manera distinta a la de un modelo de proyecto. No se trata sólo de un tema de detalle geométrico o de información de más o menos atributos, es preciso, en función de los objetivos identificados, establecer criterios de modelado propios para cada fase, añadir disciplinas a la estructura de archivos del proyecto o prescindir de geometrías o de atributos que sí fueron útiles para definir la prescripción pero que ya no lo son para construir.
4. El desarrollo del modelo de obra tiene que ir por delante de la producción con el margen suficiente para que las decisiones fundamentales de la puesta en obra puedan tomarse soportadas en la información extraída del modelo, (compras, replanteos, secuencias de



montaje, etc.). En ese sentido es preciso clarificar, en función de los objetivos, qué hitos de obra van a condicionar el desarrollo del modelo, la extracción de información y los entregables que han de dar soporte a esa toma de decisiones. De lo contrario el modelo se convertirá en un registro de obra ejecutada y su valor se verá reducido a la mera gestión documental.

5. La estructuración de la información del modelo es un tema clave para la implementación de usos del modelo BIM en fase de obra. Coordinar, comunicar, planificar, medir o listar requieren un acceso a la información fiable y eficiente. Desde este punto de vista el desarrollo del proyecto ha puesto de manifiesto la necesidad de organizar la información del modelo en tres aspectos básicos:

- Establecer una clasificación de elementos que permita identificar los sistemas constructivos.
- Definir una taxonomía para la tipificación de los elementos que permita distinguir entre tipos.
- Parametrizar para cada elemento un código de localización que permita ubicarlo en el modelo con claridad.

6 REFERENCIAS

- [1] Eastman, C. Teicholz, P. Sacks, R. & Liston, K. (2011). BIM Handbook. A Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. New Jersey: John Wiley and Sons, Inc.
- [2] Li, H., Lu, W., Huang, T. (2009). Rethinking project management and exploring virtual design and construction as a potential solution. Construction Management and Economics Vol 27: 363-371.
- [3] Davies, R., Harty, C. (2013) Implementing 'Site BIM': A case study of ICT innovation on a large hospital project. Automation in Construction 30 (2013) 15–24
- [4] CIC Research Group, Department of Architectural Engineering, The Pennsylvania State University (2012) BIM Project Execution Planning Guide



GESTION Y EXPLOTACION DE INMUEBLES MEDIANTE TECNOLOGIA BIM

**Martínez Carrillo, Juan (1), Cayuela Rodríguez, Alfonso (2), Villamor, Miguel (3),
Herranz, Araceli (4), Igual Muñoz, Fernando, (5) García, Javier (6)**

- (1) IDESIE Business School. juan.martinez@idesie.com
- (2) IDESIE Business School. alfonso.cayuela@idesie.com
- (3) IDESIE Business School. miguel.villamor@idesie.com
- (4) IDESIE Business School. araceli.herranz@idesie.com
- (5) IDESIE Business School. fernando.igual@idesie.com
- (6) IDESIE Business School Javier.garcia@idesie.com

RESUMEN

A pesar de que la tecnología de modelos de información de edificios gana impulso en la industria AECO, parece que las compañías que requieren de mejores procesos de operación y gestión de inmuebles no se han dado cuenta de los beneficios que la metodología BIM aporta. Este trabajo tiene por objeto dar una orientación de como diferentes plataformas de gestión del patrimonio inmobiliario pueden actuar en las distintas fases de operación de un inmueble. Se elaboran los diferentes modelos inmobiliarios mediante un software de modelado, vinculando este modelo con las plataformas que permiten gestionar el mantenimiento, el control de costos del inmueble, la gestión de los espacios, entre otros usos BIM que estén relacionados con la parte de explotación. Este caso se implementa sobre el patrimonio inmobiliario de Correos y Telégrafos España como primer caso de éxito aplicado a una empresa pública que cuenta con un patrimonio de 1.960.000 m² construidos.

As the technology information models buildings gains momentum in the AECO industry, it seems that companies Operation and Management of Property of no account dado benefits In the operation phase of real estate. This paper aims to clarify or how different platforms real estate management can be developed in different phases of operation of the United Nations property. Different real estate models by modeling software are developed, linking this model with platforms that manage maintenance, control of costs of the building, the management of areas, among other uses BIM that relate to the part of explotación. This case is implemented on the property assets of Posts and Telegraphs Spain success story as a primer applied to a real business of the size of emails with 1,960,000 m².

Palabras clave: *BIM, Facility, Explotación, Mantenimiento, Maintenance, Operation*

1 INTRODUCCION

La sociedad Estatal Correos y Telégrafos, conocido comúnmente como CORREOS, apuesta de manera activa por el desarrollo y la innovación. Por ello, dentro de su estrategia corporativa decide llevar a cabo la implantación de BIM unido a la gestión de sus inmuebles, el Facility Management.



Es por el motivo antes mencionado que CORREOS convoca una licitación pública que gana IDESIE Business School, para la cual se pide un Proyecto de Implantación BIM + FM en la Subdirección de Inmuebles, órgano que gestiona los bienes inmuebles de CORREOS.

La Subdirección de Inmuebles está realizando cambios estructurales y funcionales de forma que éste área siga con su continuo desarrollo y esté claramente orientado a resultados y al nivel de satisfacción de sus clientes internos. Recientemente esta unidad estaba formada por las siguientes áreas:

- Área de Contratación, Control Presupuestario y Gestión Energética
- Área de Inmuebles y Urbanismo
- Área de Obras y Mantenimiento
- Área de Prevención de Riesgos Laborales
- Área de Seguridad

Existe un fuerte deseo por parte de los responsables de cada área de implantar un modelo de negocio concreto y definido como se muestra a continuación:

- Inmobiliaria y Urbanismo → Convertirse en una gestora patrimonial
- Obras y Mantenimiento → Convertirse en un área de Project Management y de Facility Management
- Planificación y control presupuestario → Convertirse en un área de control de todas las inversiones y gastos de la Subdirección de Inmuebles y en un área de apoyo a los procesos de contratación y de mediación con el área de Compras de CORREOS.

En este entorno de cambio se requiere de soluciones informáticas que les ayuden a controlar la información y los documentos que gestionan minimizando las pérdidas de tiempo e ineficiencias que la carencia de ellas les supone.

Estas soluciones informáticas deberán estar conformadas por los siguientes componentes:

- BIM: Desarrollo de una especificación para los concursos en BIM y la verificación de los requerimientos normativos y los especificados por CORREOS.
- Sistema de gestión del conocimiento: Sistema de gestión documental y documentos asociados a los bienes inmuebles y las actuaciones asociadas a los mismos.
- Solución de inventario de equipos y gestión de servicios: Seguimiento y control de elementos constructivos, sistemas de instalaciones y de los equipos.
- CORREOS I-LAB, Laboratorio virtual de diseño, construcción y gestión: es una iniciativa para que la información sea compartida.

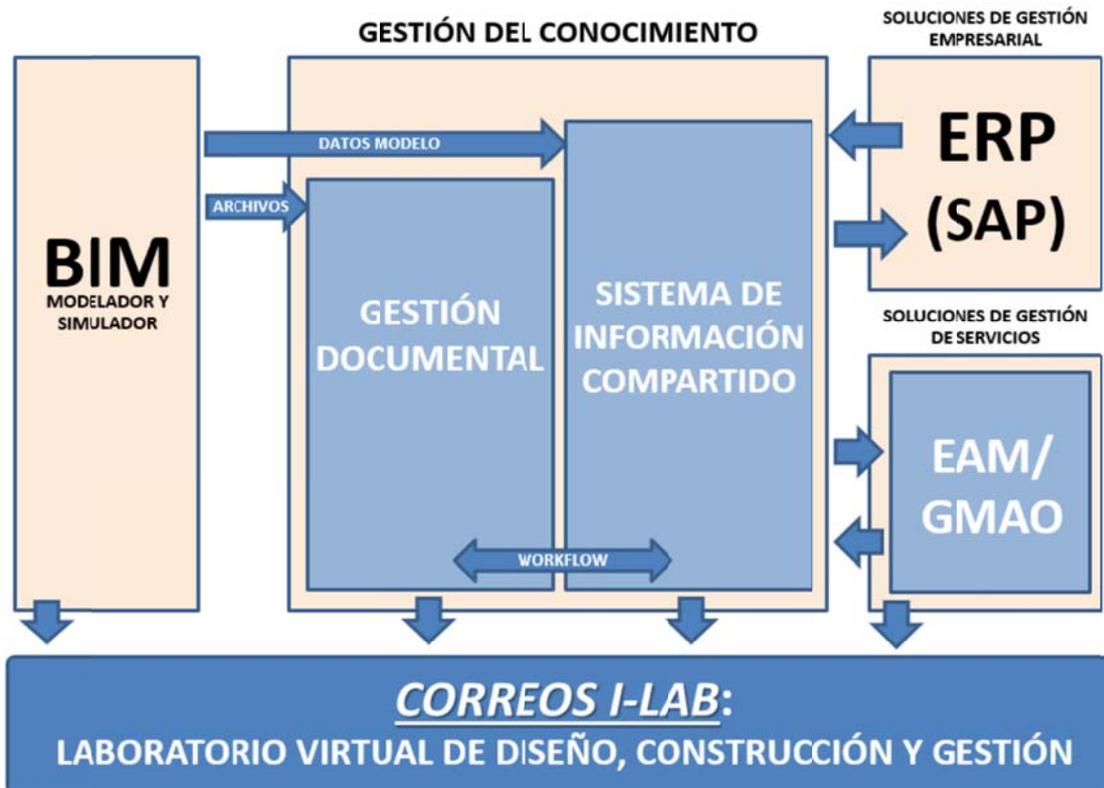


Figura 1. Gráfico resumen de la solución propuesta. 2016. Elaboración propia

2 DESARROLLO

El proyecto de Implantación BIM + FM realizado por el equipo consultor de IDESIE se realizó en tres fases que se describen a continuación:

2.1 Fase I

Durante esta primera fase se realizaron los siguientes hitos:

Recogida y análisis de información: Se desarrollaron una serie de documentos para obtener y clasificar toda la información acerca de las soluciones ya existentes en CORREOS así como los documentos y actividades que realizan cada área implicada. Además se realizaron una serie de reuniones con los técnicos y responsables de cada área.

Desarrollo de los puntos principales para un Plan Estratégico: Para el éxito de un proyecto tan ambicioso como el que plantea la Subdirección de Inmuebles de CORREOS fue necesario que se constituyera un programa de actuación, un Plan Estratégico, que ayudara a aclarar lo que se pretendía conseguir. Este documento consensado por la Dirección orientó la marcha del proyecto hacia la correcta implantación de la solución que se propuso.

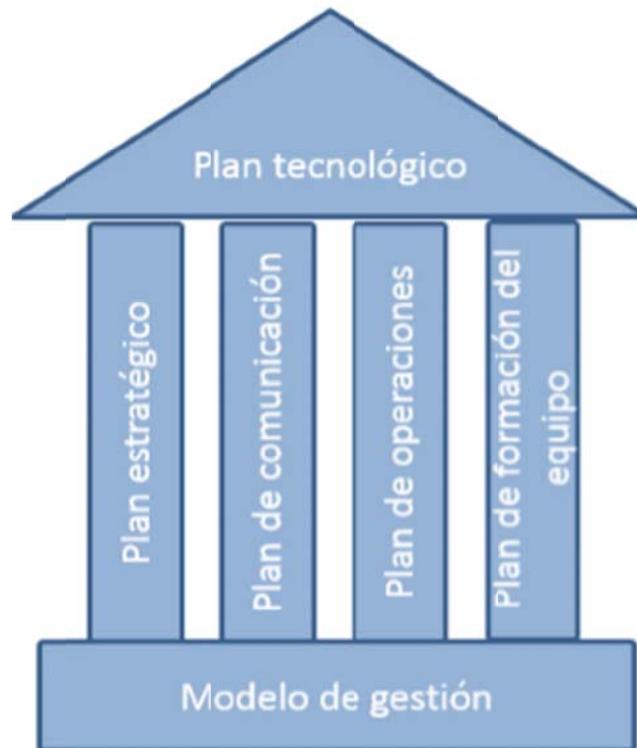


Figura 2. Gráfico resumen del contenido del plan estratégico. 2016. Elaboración propia

Propuesta de solución: El último hito de esta primera fase consistió en el desarrollo de una propuesta de solución a implementar en la Subdirección. Esta solución pretende dar respuesta a las necesidades de cada área teniendo claro lo que todas las áreas gestionan: Datos y documentos.

- BIM: El equipo de IDESIE propuso a CORREOS trabajar en la línea de establecer una especificación o protocolo de como poder presentarse a concursos BIM los proyectos, para poder verificar la idoneidad del mismo a nivel de cumplimiento de requisitos y cumplimiento de normativa existente.

Esta primera parte de la solución está formada de dos componentes: un modelador BIM y un simulador BIM. Se requieren integrar en la solución un Software BIM que cumplan con los requisitos de funcionalidad antes necesarios a nivel de modelado. El simulador BIM pretende verificar interferencias entre disciplinas, simulación del comportamiento entre las mismas, ect.

- Sistema de gestión del conocimiento: Este componente de la solución que se propone a CORREOS surge de la necesidad de gestionar información y documentación a nivel: Información patrimonial, Project Management y documentación de los inmuebles y sus actuaciones sobre ellos.

Para ello se propusieron dos aplicaciones informáticas: un Gestor Documental y un Sistema de Información y Gestión Patrimonial.

El Gestor Documental puede crear flujos de trabajo para la aprobación de documentos y debe estar integrado con plataformas de gestión financiera del tipo SAP.

El Sistema de Información y Gestión Patrimonial puede almacenar información del sistema BIM seleccionado y controlar el acceso de los usuarios que acceden a la información así como realizar potentes consultas.

- Solución de inventario de equipos y gestión de servicios, principalmente equipos e instalaciones: Para el área de mantenimiento el equipo de IDESIE consideró necesario la implantación de un sistema del tipo EAM (Enterprise Asset Management). Esta área necesitaba disponer de un inventario de equipos e instalaciones para poder controlar las actuaciones de los proveedores de servicios BIM que contrata CORREOS.

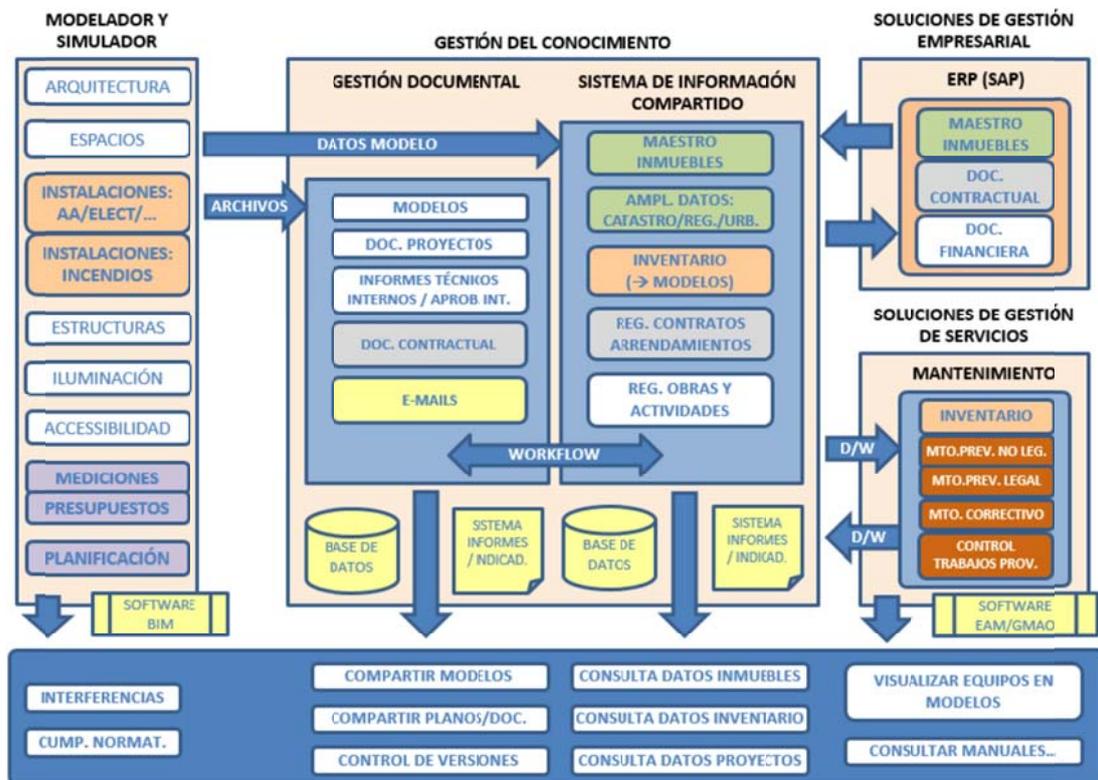


Figura 3. Gráfico resumen de la solución propuesta en Fase I. 2016. Elaboración propia

2.2 Fase II

En la segunda fase tuvieron lugar los siguientes hitos:

Selección de Productos a analizar:

En este cuadro se muestran los productos analizados durante la segunda fase por el equipo de consultores de IDESIE.

Parámetros del estudio: Se definió los parámetros a considerar en el análisis así como otra sería de cosas consideradas como importantes por el equipo de IDESIE a la hora de seleccionar un producto como pueden ser algunas técnicas o de arquitectura del sistema y otras como la usabilidad de los clientes, la facilidad de aprendizaje, facilidad de implantación o su posicionamiento en el mercado. Entre los aspectos técnicos se dio bastante importancia a la figura que implementa el

producto, penalizando a los productos que son implementados por el fabricante. También se valoró de manera importante la conectividad con los modelos BIM. No todos los aspectos evaluados tienen el mismo peso, los aspectos que se eligieron no intentaban determinar la solución mejor, se intentó evaluar aspectos que ayudaran a filtrar y diferenciar la misma por criterios objetivos. Por cada uno de los 4 grupos de solución a implementar se muestra el proceso de valoración llevado a cabo. En el siguiente diagrama se muestra la matriz utilizada en la evaluación:

COMPONENTE FUNCIONAL	SOFTWARE A ANALIZAR
MODELADOR Y SIMULADOR BIM	AUTODESK: BUILDING DESIGN SUITE ULTIMATE 2016
	BENTLEY: AECOSIM BUILDING DESIGNER Y ENERGY SIMULATOR
GESTOR DOCUMENTAL - REPOSITORIO DE DOCUMENTACIÓN. - FLUJOS DE TRABAJO. - FOROS...	THINK PROJECT
	BENTLEY: PROJECTWISE
	IBM FILENET (De la misma categoría que el SOFTWARE DOCUMENTUM)
	SERVICEDNE GESTIÓN DOCUMENTAL
	DOCUMENTUM***
SIST. DE INFORMACIÓN COMPARTIDA: - PORFOLIO DE INMUEBLES. - CONTRATOS DE ARRENDAMIENTOS. - INVENTARIO DE SISTEMAS Y EQUIPOS. - GESTIÓN DE OBRAS.	THINK PROJECT
	BENTLEY: ASSETWISE (EB)
	IBM TRIRIGA: GESTIÓN DE PROPIEDADES Y DE INVERSIONES
	SERVICEDNE: GESTIÓN DE PROPIEDADES Y DE INVERSIONES
	ARCHIBUS: GESTIÓN DE PROPIEDADES Y DE INVERSIONES
	FAMA SYSTEMS***
GESTIÓN DE MANTENIMIENTO: - INVENTARIO DE SISTEMAS Y EQUIPOS. - MANTENIMIENTO CORRECTIVO. - MANTENIMIENTO PREVENTIVO. - MANTENIMIENTO PREDICTIVO. - CONTROL DE CONSUMOS. - VISUALIZACIÓN EQUIPOS EN 3D.	BENTLEY: ASSETWISE
	IBM TRIRIGA: MTO. / IBM MAXIMO
	SERVICEDNE: MANTENIMIENTO
	ARCHIBUS: MANTENIMIENTO

Figura 4. Productos analizados durante la Fase II. 2016. Elaboración propia

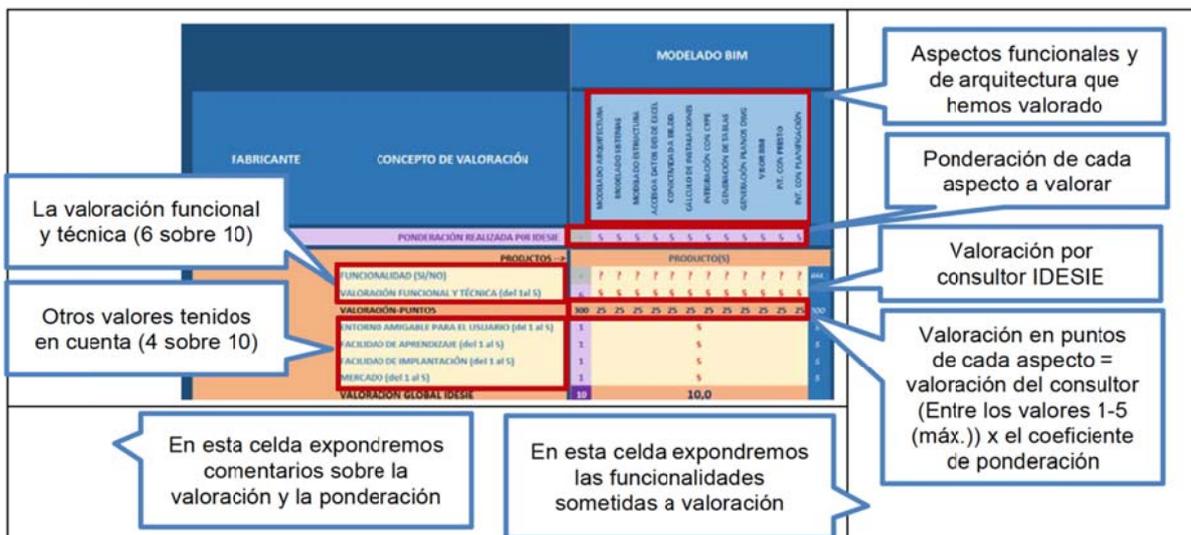


Figura 5. Matriz utilizada en la evaluación. 2016. Elaboración propia

- **Modelado BIM**

A continuación se muestra la matriz con los parámetros evaluados para la solución de *Modelado BIM*:



Figura 6. Matriz de evaluación para la solución de Modelado BIM. 2016. Elaboración propia 2016

- **Gestión colaborativa de proyecto y gestión documental:**

A continuación se muestra la matriz con los parámetros evaluados para la solución de *Gestión colaborativa de proyecto y gestión documental*:

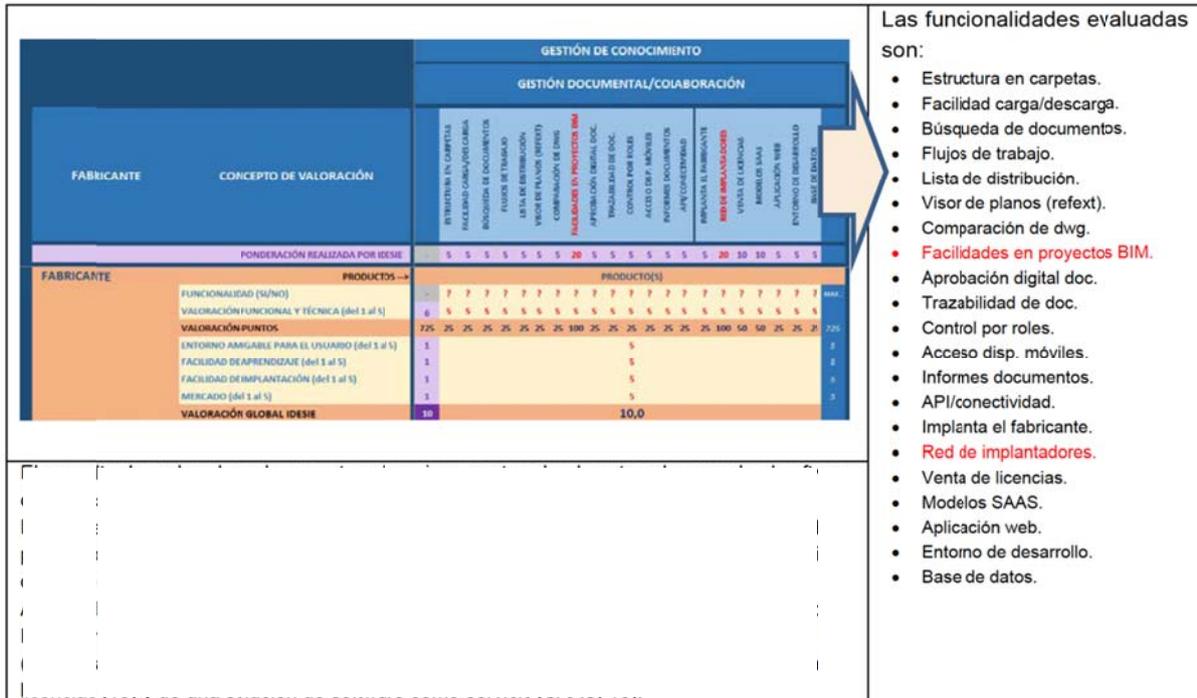


Figura 7. Matriz de evaluación para la Gestión colaborativa de proyecto y gestión documental. 2016.

Elaboración propia

- **Información de gestión de propiedades, arrendamientos y obras**

A continuación se muestra la matriz con los parámetros evaluados para la solución de *Información de gestión de propiedades, arrendamientos y obras*:



Figura 8. Matriz de evaluación para la Solución de Información de gestión de propiedades, arrendamientos y obras. 2016. Elaboración propia

- Software de mantenimiento

A continuación se muestra la matriz con los parámetros evaluados para la solución de *Software de mantenimiento*:

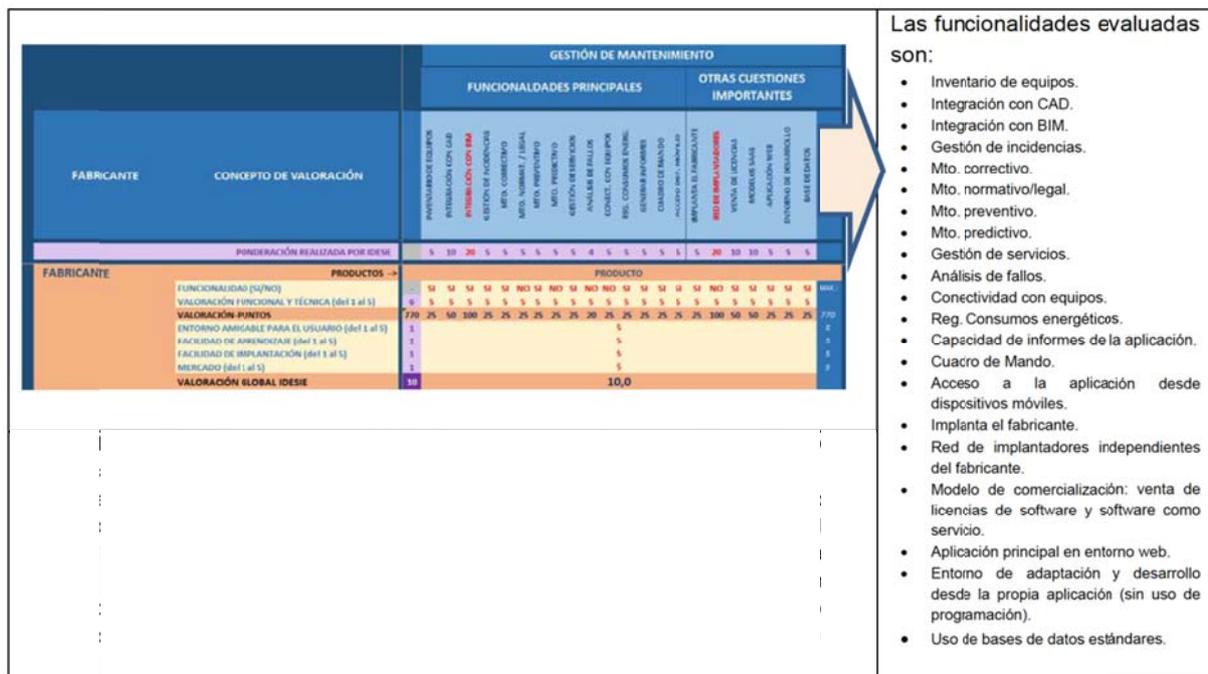


Figura 9. Matriz de evaluación para la solución de Gestión de Mantenimiento. 2016. Elaboración propia

Resultados del estudio: Los resultados obtenidos mediante las matrices de evaluación fueron volcados en formularios, para ser presentados en la siguiente Fase del proyecto, es importante destacar que esta evaluación fue realizada por los consultores de IDESIE.

2.3 Fase III

En esta última Fase del proyecto de implantación de una solución BIM+FM tuvieron lugar los siguientes hitos:

Recogida de información: Durante las reuniones mantenidas con los responsables de las casas comerciales de Software se entregaron dos encuestas. La primera de ellas contenía los puntos destacados que se obtuvieron de las reuniones iniciales que se mantuvieron en la Fase I con los técnicos y responsables de cada área de Correos. La segunda encuesta se utilizó para ponderar la importancia de los puntos evaluados en la primera encuesta.

Los datos de estas encuestas fueron tomados durante las reuniones, pero fueron presentados en la tercera fase.

Establecimiento de unos criterios generales para una adecuada toma de decisiones: Se establecieron unos criterios generales para evaluar la solución global. Además se generaron unas tablas específicas para cada producto de cada componente funcional de la solución global.

CRITERIO DE DECISIÓN (SOLUCIÓN GLOBAL)	PUNTOS A FAVOR PARA VALORACIÓN DE LA SOLUCIÓN	PUNTOS EN CONTRA PARA VALORACIÓN DE LA SOLUCIÓN
Complejidad de integración en la solución global.	<ul style="list-style-type: none"> - El producto pertenece al mismo fabricante, por lo que su integración se estima sea más sencilla y requiera de menos desarrollo a medida. - El procesamiento de los archivos al pasar la información de un software a otro es sencillo. 	<ul style="list-style-type: none"> - El producto pertenece a diferente fabricante, por lo que su integración se estima sea más compleja y requiera de más desarrollos a medida. - El procesamiento de la información contenida en un archivo para pasarla de un software a otro es complejo.
Precio.	<ul style="list-style-type: none"> - Todas las funcionalidades necesarias para satisfacer las necesidades del cliente están incluidas en la misma licencia. - Las licencias son concurrentes, por lo que el número de licencias necesarias disminuye, ya que sólo se contabilizan los usuarios que se conectan a la vez a la herramienta. - El coste unitario de las licencias es bajo, por lo que es fácilmente ampliable en un futuro. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es necesario comprar diferentes módulos al fabricante para cubrir todas las funcionalidades necesarias para cubrir las necesidades de CORREOS. - El esquema de licencias es recurrente, por lo que cualquier usuario contabiliza como consumo de una licencia al conectarse, independientemente del número de usuarios conectados en ese momento. - El coste unitario de las licencias es alto, por lo que adquirir nuevas licencias en el futuro será costoso.
Mercado.	<ul style="list-style-type: none"> - El formato de archivo principal utilizado por el software es fácilmente exportable a otros formatos. - El formato de archivo utilizado por el software está muy extendido en el mercado actual. - La posibilidad de encontrar proveedores que utilicen el mismo software es alta. 	<ul style="list-style-type: none"> - El formato de archivo principal de trabajo utilizado por el software no está muy extendido en el mercado. - Será necesario procesar la información antes de que pueda ser revisada o modificada por CORREOS. - Será difícil encontrar proveedores que utilicen el mismo software para realizar los proyectos.
Complejidad de la herramienta, facilidad de acceso, uso y formación requerida.	<ul style="list-style-type: none"> - El volumen de funcionalidades que incluye la herramienta permite entenderla y aprenderla de forma sencilla en poco tiempo. - La herramienta posee funcionalidades semejantes tanto en su formato web como instalada en el servidor del cliente, por lo que el acceso a la información se puede realizar por las dos vías de forma sencilla. - La complejidad y extensión de la herramienta permite adaptarla a las necesidades de CORREOS de forma sencilla y en poco tiempo. 	<ul style="list-style-type: none"> - La extensión y complejidad de la herramienta requerirá de mucho tiempo para su completa adaptación a las necesidades de CORREOS. - Será necesario dedicar mucho tiempo a formación hasta que pueda ser entendida y utilizada de forma correcta por todos los usuarios. - La herramienta no posee las mismas funcionalidades en su formato web como instalada en el servidor del cliente, por lo que si en un futuro se requiere un acceso web a la información puede ser más complicado.
Capacidad de personalización y desarrollo futuro de la herramienta.	<ul style="list-style-type: none"> - El usuario administrador puede personalizar la herramienta sin requerir servicios por parte del fabricante de forma fácil y sencilla. - Posibilidad de influir en las decisiones relativas a las nuevas funcionalidades que se desarrollarán en futuras versiones del producto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es necesario recurrir al fabricante para realizar modificaciones de configuración, debido a la extensión, complejidad y formación necesaria en la herramienta. - Las decisiones relativas al desarrollo de nuevas funcionalidades se toman fuera de España y es difícil influir sobre la decisión debido al tamaño de la empresa fabricante.

Figura 10. Criterios generales para la decisión global. 2016. Elaboración propia



Creación de mapas de productos según su área de conocimiento

Se realizaron unos mapas de productos en el que se recogen distintas tipologías de soluciones.

- Soluciones basadas en un único fabricante
- Soluciones basadas en varios fabricantes
- Soluciones basadas en varios fabricantes con la parte EAM no integrada
- Soluciones basadas en dos productos diferentes de uno o varios fabricantes con el gestor documental no integrado.

3 CONCLUSIONES

Como conclusión final se destaca los posibles procesos a la hora de implementar una solución de BIM+FM en una empresa de las dimensiones de CORREOS:

Proceso 1: Integración del ciclo de vida: Diseño, Construcción y Gestión

Se debe buscar una solución que permita extraer los datos del modelo y estructurarlos por diferentes criterios y para la realización de actividades como mediciones, realización de presupuestos y la extracción de inventarios de equipos.

El sistema debe permitir distinguir las diferencias entre dos propuestas de trabajo, de manera que se puedan ver visualmente desde un visualizador gráfico y observar la diferencia entre las mediciones de ambas propuestas.

El sistema debe permitir generar todos los planos de las distintas disciplinas, el presupuesto de la obra y una planificación de la obra (por lo menos a nivel de unos hitos clave para su posterior seguimiento de una obra).

El sistema deberá facilitar el acceso a toda la documentación final (as-built). Será muy importante la identificación del modelo BIM as-built. Será de ese modelo del cual extraigamos todos los datos a transferir al sistema de Facility Management/gestión de mantenimiento.

Proceso 2: Integración directa entre el software de modelado BIM y el de gestión de mantenimiento

Este tipo de solución implica un vínculo muy rígido con el modelo "MAESTRO" (modelo del inmueble sobre el que se vayan realizando los cambios propios de la vida del inmueble). Este tipo de procesos tienen prestaciones inferiores al proceso anterior.

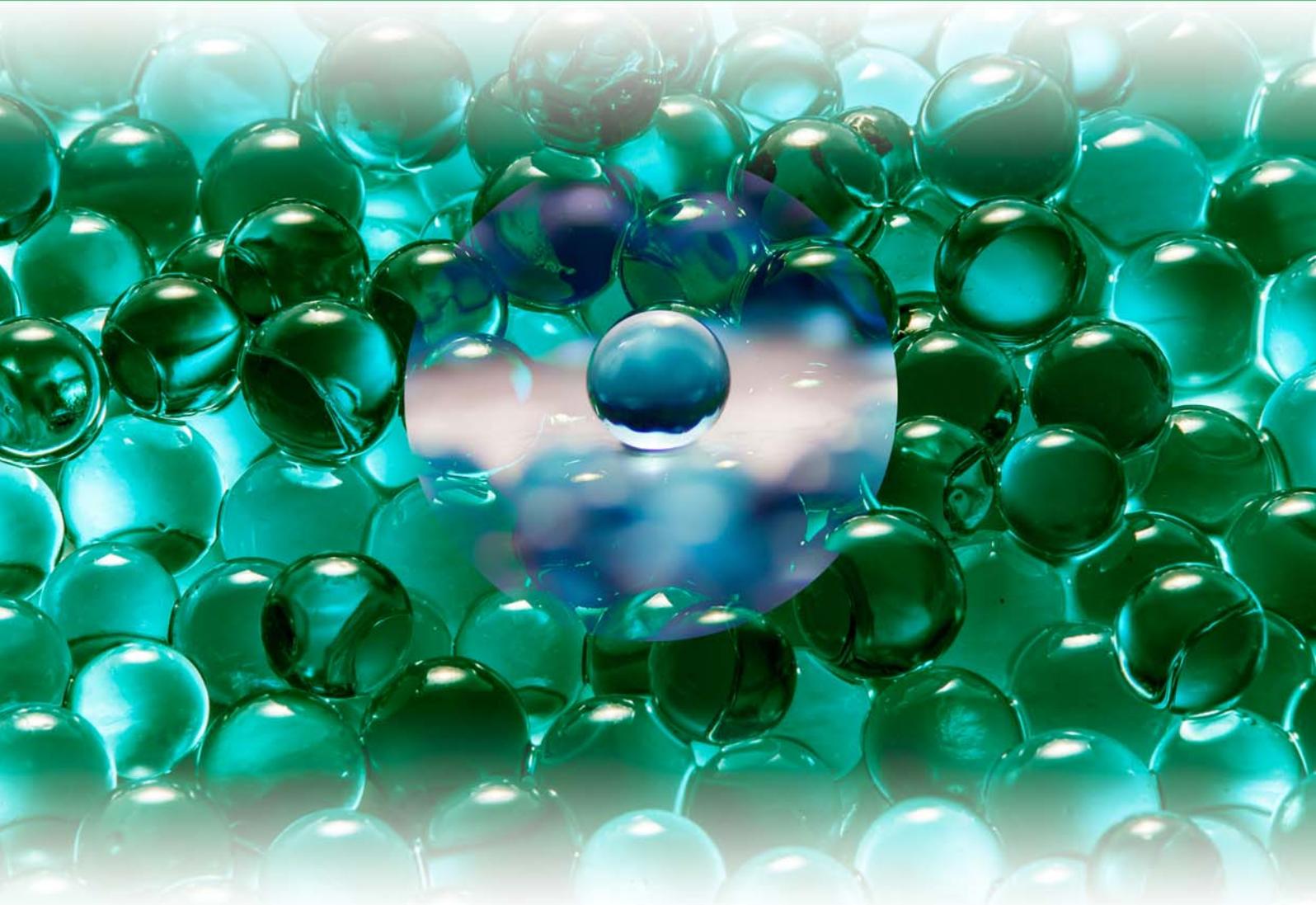
Proceso 2 (I): Integración directa entre el software de modelado BIM y el de gestión de mantenimiento

Se trata de una variante del proceso anterior, la integración se realiza mediante archivos IFC. Este tipo de soluciones implica incorporar, al producto de gestión de mantenimiento, un motor gráfico que leyera el IFC y desarrollar sobre el producto de gestión todo el proceso de incorporación de datos y de vinculación con los datos gráficos que se visualizan en el modelo



4 BIBLIOGRAFIA

- [1] Fernández, J. M. A. (2007). Conceptos fundamentales sobre el mantenimiento de edificios. Revista de Arquitectura e Ingeniería.
- [2] Perea Mínguez, R y Sancho Solís, P BIM y FM como solución para la creación del libro del edificio – EUBIM 2015
- [3] Martín Dorta, N. Navarro Trujillo, R. Cayuela Rodríguez, A. Rosso Viera, S. – Modelos BIM en la gestión de activos de un edificio de oficinas universitario. II Congreso Edificios Inteligentes.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA