

# EUBIM 2018

Congreso Internacional BIM **7º** Encuentro de Usuarios BIM  
**BIM INTERNATIONAL CONFERENCE**



**Feel the BIM**

**Valencia 17, 18 y 19 de Mayo 2018**

**LIBRO DE ACTAS**



[www.EUBIM.com](http://www.EUBIM.com)

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



CITOPIC  
INGENIEROS TÉCNICOS DE OBRAS  
PÚBLICAS E INGENIEROS CIVILES  
Valencia - Castellón

**CTAV COLEGIO  
TERRITORIAL  
DE ARQUITECTOS  
DE VALENCIA**



---

EUBIM 2018

Congreso internacional BIM  
7º Encuentro de usuarios BIM

---

Valencia, 17, 18 y 19 de mayo de 2018

EDITORIAL

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

*Congresos UPV*

*EUBIM 2018. Congreso internacional BIM / 7º Encuentro de usuarios BIM*

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>

Edición Científica

Begoña Fuentes Giner  
Inmaculada Oliver Faubel

Comité Organizador

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

Edita

Editorial Universitat Politècnica de València, 2018  
[www.lalibreria.upv.es](http://www.lalibreria.upv.es) / Ref.: 6471\_01\_01\_01

DOI: <https://dx.doi.org/10.4995/EUBIM2018.2018.11809>

ISBN: 978-84-9048-712-9



EUBIM 2018. Congreso internacional BIM / 7º Encuentro de usuarios BIM

Se distribuye bajo [una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Basada en una obra en <http://ocs.editorial.upv.es/index.php/EUBIM/EUBIM2018>

## PRESENTACIÓN

### EUBIM 2018: FEEL THE BIM

*“Un hombre con una idea nueva es un loco hasta que la idea triunfa”*

*Mark Twain (1835-1910) Escritor, orador y humorista estadounidense*

El ser humano se diferencia de otras especies, entre otras cosas, por sus ideas; por el pensamiento. Por esa capacidad innata de anticiparse al futuro y pensar en la respuesta que ha de obtener, antes que en la pregunta correcta que le lleve a ella. Más concretamente, en la búsqueda de caminos que conducen a dicha respuesta mediante preguntas (ensayo-acierto-error-modificación-repetición).

De manera inherente al genoma humano, deseamos mejorar y evolucionar, entender y descubrir lo que desconocemos. Somos capaces de hacer frente a nuestros miedos, a las barreras físicas y psíquicas y a los convencionalismos que en cada época han intentado nublar, desviar e incluso cegar nuestra visión, más allá de lo obvio, de lo que nos habían contado como único y cierto. El pensamiento crítico ha sido el que nos ha hecho destacar sobre el resto y cada día debemos hacer uso de él, sin excepción.

Hoy en día estamos definidos y condicionados por las ideas de generaciones de predecesores que fueron más allá a pesar de todo. Culturas enteras y, dentro de ellas, pioneros, valientes, locos, soñadores y futuristas que no cesaron en perseguir un propósito.

Bas Lansdorp (1977) [empresario], Cristobal Colón (1436-1506) [navegante], Hipatia (355-415) [astrónoma], Charles Darwin (1809-1882) [naturalista], Nattie Stevens (1861-1912) [genetista], Orson Welles (1915-1985) [artista], Olimpia de Gouges (1748-1793) [escritora], Wolfgang Amadeus Mozart (1756-1791) [músico], las hermanas Mirabal (varios-1960) [activistas], Luis Agote (1868-1954) [médico], Nikola Tesla (1856-1943) [ingeniero], María Montessori (1870-1952) [educadora], Giotto (1267-1337) [artista], Marie Curie (1867-1934) [científica], Alan Mathison Turing (1912-1954) [matemático], Isaac Asimov (1919-1992) [escritor], Thomas Alba Edison (1847-1931) [inventor], Jingú (169-269) [emperatriz], Samuel Morse (1791-1872) [inventor], Fadumo Dayib (1972) [política], Raymond Kurzweil (1948) [inventor], Galileo Galilei (1564-1642) [astrónomo], hermanos Lumière (1862/1864-1954/1948) [cineastas], Le Corbusier (1887-1965) [arquitecto], Wangari Maathai (1940-2011) [activista], Johannes Gutenberg (1400-1468) [orfebre], Wang Zhenyi (1768-1797) [científica], Neil Harbisson (1984) [artista], Andre Geim (1958) [físico].

He aquí un minúsculo ejemplo de ideas con nombre propio. No podemos olvidar que nuestro presente ha venido dado por sus acciones. Aquellos locos son nuestros referentes.

Estas grandes y valientes mentes, a partes iguales, tienen una fama reconocida que no todos podemos alcanzar. En cambio, todos nosotros podemos participar, a diferente escala y proporción, para influir en nuestro entorno de alguna medida.

A finales de 2011, diez locos estábamos sentados alrededor de una mesa de cafetería hablando de lo que hoy en día conocemos como EUBIM®. Surgió como una idea sin grandes pretensiones. Era, más bien, una forma de materializar nuestra ilusión por concentrar y divulgar conocimiento. Como aglomeración y expansión de unas ideas que pretendían mejorar el sector y el país y que consideraba que el trabajo multidisciplinar de profesionales unidos era el modo óptimo para avanzar.

Recopilar tecnologías y avances que llevaban años funcionando nos daban pie a creer que podrían ser procesos óptimos para implantarlos y mejorarlos en España, a la vez que nos subíamos a la ola de corrientes internacionales para no quedar desfasados.

Actualmente seguimos apostando por los mismos principios desde el pensamiento científico empírico, la honestidad, la transparencia y el colaboracionismo.

Podríamos definirnos como unos tecnoutopistas altruistas.

En este congreso, y por sexto año consecutivo, abogamos por la divulgación de las teorías más actuales, por el conocimiento y por los técnicos y profesionales que han apostado por evolucionar mediante el uso de BIM, sin sensacionalismos ni mentiras, sólo con la muestra del trabajo de calidad y de los avances tecnológicos.

Apostamos por la integración BIM de manera cotidiana, entendiéndolo como un medio, no como un fin.

A lo largo de estos seis años, hemos tratado de ser un referente y esperamos, además de haberlo conseguido, seguir siéndolo. No nos comparamos con nadie, sólo continuamos trabajando con la ilusión e ideales del primer día. Creemos que nuestro trabajo habla por sí solo.

A parte del nuestro esfuerzo interno, EUBIM® no sería posible sin todas las personas que participan en uno u otro modo. Como cada año, nos quitamos el sombrero ante vosotros por la generosidad e implicación que mostráis: instituciones, patrocinadores, ponentes, comité científico, autores, congresistas, etc.

Tanto es vuestro apoyo que este año estamos sobrecogidos por las solicitudes multitudinarias de diversa índole y apenados por no poder acoger a todas las inscripciones recibidas. Pedimos disculpas a quien no ha podido acceder al congreso y les instamos a que el año que viene se inscriban con anterioridad para poder contar con su conocimiento y experiencias.

Esperamos que sintáis EUBIM® 2018 como vuestro congreso. Nosotros os consideramos como nuestra gran familia. Sentid el BIM, dejad que corra por vuestras venas con fuerza y pasión y cuando termine el congreso, volved a vuestros trabajos y dejad que os impulse en un futuro prometedor. Haced partícipe a vuestro entorno y así conseguiremos que esa pequeña idea que nació en 2011 se haga grande. Nos haga grande a todos.

Atentamente,

El Comité Organizador de EUBIM®

## 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 ETSIE UPV, D. Francisco Javier Medina Ramón
- Director de la ETS de Arquitectura UPV, D. Iván Cabrera i Fausto
- Director del Departamento de Construcciones Arquitectónicas UPV, D. José M<sup>a</sup> Fran Bretones
- Director del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica UPV, D. Pablo Navarro Esteve

## COMITÉ CIENTÍFICO

- Francisco Ballester Muñoz (Universidad de Cantabria)
- Alberto Cerdán Castillo (Consultor BIM)
- Eloi Coloma Picó (Universitat Politècnica de Catalunya)
- Ernesto Faubel Cubells (Universitat Politècnica de València)
- Ángel José Fernández Álvarez (Universidade da Coruña)
- Begoña Fuentes Giner (Universitat Politècnica de València)
- Jaume Gimeno Serrano (Universitat Politècnica de Catalunya)
- Luis Pallarés Rubio (Universitat Politècnica de València)
- Óscar Liébana Carrasco (Universidad Europea de Madrid)
- 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)
- Beatriz Inglés (Universidad Europea de Madrid)
- José Jurado (Universidad Europea de Madrid)
- Jesús Alfaro (Universidad de Castilla –La Mancha)
- Patricia del Solar (Universidad Europea de Madrid; Universidad Politécnica de Madrid)
- Norena Martí Dorta (Universidad de La Laguna)

## 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, 2015 y 2016), hemos elegido y estamos interesados este año en recibir 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.

## 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.

## 2.13 Realidad Virtual, Realidad aumentada y Realidad Mixta

Estudios y usos de la información dentro del modelo BIM para diferentes aplicaciones enfocados a una realidad tridimensional / virtual o real.

### 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 BIM EN LA UNIVERSIDAD:  
DEVELOPING A CURRICULUM FOR BIM IN HIGHER EDUCATION  
Ponente: Dr Dominik Holzer
- BIM EN EL DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN DE PRESAS EN UN TRABAJO FINAL DE GRADO  
Rodríguez-Serrano, Marcos; Vilardaga-Rodrigo, Iván y Aramburu-Landeras, David
- LAS DIMENSIONES HUMANAS DEL BIM  
Mokhtar-Noriega, Farid; Jernigan, Finith; Martínez-Matute, Joaquín
- TRABAJOS COLABORATIVOS BIM EN ENSEÑANZA DE GRADO  
Agulló-deRueda, José; Jurado-Egea, José; Inglés-Gosalbez, Beatriz
- CÓMO COMPARTIR CONOCIMIENTO BIM A NIVEL INTERNACIONAL: THE BIM EXCELLENCE INITIATIVE  
Roig-Segura, Víctor; Bolpagni, Marzia
- EL BIM-LAB COMO AGLUTINADOR DE LA EXPERIENCIA DE IMPLANTACIÓN BIM ACADÉMICA Y CIENTÍFICA PARA PROFESORES, ALUMNOS Y EXALUMNOS DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DE CUENCA. UCLM  
Alfaro-González, Jesús; Valverde-Cantero, David; Cañizares-Montón, José Manuel; Martínez Carpintero, Jesús Ángel; Pérez-González, Pedro Enrique
- EL AULA BIM DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DE CUENCA, COMPARTIR CONOCIMIENTOS FRENTE A LA DOCENCIA TRADICIONAL  
Valverde Cantero, David; Alfaro González, Jesús y Pérez González, Pedro Enrique
- GESTIÓN DE RIESGOS A TRAVÉS DE MODELOS BIM  
Lucio-Iglesias, Daniel; Jiménez-Abós, María Pilar
- TRABAJO COLABORATIVO BIM CON DROPBOX. CASO EDIFICIO ETSIE 1C UPV  
Cos-Gayón\_López, Fernando; Cordon\_Llácer, Joan; Sfeir, Lucas; De la Rosa\_Morel, Endy; Linares\_Jaquez, Yira; Rojas\_Quispe, Cristian; Colomer\_Chulvi, Ana Isabel

## 2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON BIM

- PONENCIA TEMA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON BIM  
DIGITALIZAR PARA AUTOMATIZAR. BIM COMO HILO CONDUCTOR  
Ponentes: Fredy Alarcón Duque y Thierry Escudero Millet
- MACHINE LEARNING EN MODELOS BIM  
Núñez-Calzado, Pedro Enrique; Alarcón-López, Iván José y Martínez-Gómez, David Carlos
- EMPLEO DE LA METODOLOGÍA BIM EN PROCESOS DE DESMANTELAMIENTO DE CENTRALES NUCLEARES  
De-Paz-Sierra, Jesús; Ballester-Muñoz, Francisco; Rico-Arenal, Jokin
- MANUAL DE BIM DE INFRAESTRUCTURAS.CAT  
Farre-Canal, Josep, Llådser-Carbonell, Romà, Montoliu-Coloma, Xavier, Roig-Segura, Víctor; Vidoni, Diego
- OPTIMIZACIÓN DEL FACILITY MANAGEMENT A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE BIM EN EDIFICIOS EXISTENTES  
García\_Vilas, Verónica; Cos-Gayón\_López, Fernando
- AUTOMATIZACIÓN DE LA TRANSFERENCIA DE DATOS ENTRE REVIT Y EL PASSIVE HOUSE PLANNING PACKAGE (PHPP)  
Calvo Ferrándiz, Juana y Cuesta Perez-Aguab, Pablo
- PROTOCOLO DE ORGANIZACIÓN, CREACIÓN Y EDICIÓN DE FAMILIAS  
Barco-Moreno, David; Gerodetti-Vargas, Adolfo; Valera-Acebedo, Agustín
- EL IMPACTO DEL FACTOR HUMANO EN LOS PROYECTOS REALIZADOS EN BIM  
Coloma-Picó, Eloi; Armengol-Aragonès, Montserrat; Ayats-Perez, Cristina; Miquel-Becker, Susanna ; Molas-Beykirch, Isabel; Puig-Soler, Pio
- NÚMEROS GORDOS Y DISEÑO PARAMÉTRICO EN EL ENCAJE DE PROYECTOS MODULARES  
Torres-Marrades, Raquel y Pascual-Sáez, Maria
- DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA PARA MEDIR Y CALIFICAR LOS MODELOS BIM BASADA EN EL PDRI (PROJECT DEFINITION RATING INDEX)  
Gerodetti-Vargas, Adolfo ; Barco-Moreno, David
- ANÁLISIS DE LOS SOFTWARE BIM UTILIZADOS EN LOS PROYECTOS DE EDIFICACIÓN PRESENTADOS AL CONCURSO BIM VALLADOLID  
Bellido-Montesinos, Pablo; Lozano-Galant, Fidel, Castilla-Pascual, Francisco Javier, Lozano-Galant, Jose Antonio
- MENOS ESTÁNDARES Y MÁS COLABORACIÓN  
Valderrama, Fernando

### 3. EXPERIENCIAS REALES CON BIM

- PONENCIA TEMA EXPERIENCIAS REALES CON BIM:  
MODELO SCARF APLICADO EN LA IMPLEMENTACION DE PROCESOS BIM  
Ponente: Jónatan López
- URBIM: CIUDADES DIGITALES. BIM EN INTERVENCIONES URBANAS  
Ibisate-Domínguez, Irene; Oya-Salas, Tania; Torres-Marrades, Raquel y Pascual-Sáez, Maria
- GEOLOCALIZACIÓN Y GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE EMPLAZAMIENTOS A TRAVÉS DE SERVICIOS Y DATOS DE PLATAFORMAS GUBERNAMENTALES MEDIANTE LA API DE AUTODESK® REVIT™  
Abellán Alemán, José María
- GESTIÓN DE SUPERFICIES ÚTILES Y CONSTRUIDAS EN MODELOS BIM PARA LA PROMOCIÓN INMOBILIARIA  
Núñez Calzado, Pedro Enrique, Alarcón López, Ivón José, Martínez Gómez, David Carlos
- FLUJOS DE TRABAJO OPTIMIZADOS  
Mayorga-Romero, Manuel
- IMPACT OF BIM METHODOLOGY ON DESIGN ORGANIZATIONAL PROCESSES  
Di Giuda, Giuseppe Martino; Villa, Valentina; y Angelo Luigi Camillo Ciribini
- UN ACERCAMIENTO AL LEAN IPD EN EL PROYECTO PARA LA AMPLIACIÓN DEL HOSPITAL DE SANTA CATERINA DE SALT (GIRONA)  
Roense-Simó, Eva; Isern-Meix, Laia
- AUTOMATIZACIÓN, VERACIDAD Y CONTROL DE DATOS EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO  
Oya-Sala, Tania e Ibisate-Domínguez, Irene
- EL USO DE BIM EN UNA EMPRESA CONSTRUCTORA PARA LA REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL PALACIO DUQUESA DE SUECA  
Pérez-Romero, Juan; Forcada-Balaguer, Gloria, Vea-Folch, Francisco José

# **BIM EN LA UNIVERSIDAD**

## PONENCIA TEMA BIM EN LA UNIVERSIDAD Developing a curriculum for BIM in Higher education

**Holzer, Dominik<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>Senior Lecturer in Digital Architecture at the University of Melbourne. Next to his engagement with academia, he applies his expertise in design technology as part of his consultancy AEC Connect. As one of the leading Design Technology and BIM experts in Australia, Dr Holzer was a member of the Standards Australia 'BD-104 Working-group/mirror committee' for the generation of the ISO 19650 Building Information Modeling (BIM) Standards. He is the previous chair of the 'BIM and IPD Steering Group' of the Australian Institute of Architecture & Consult Australia and he is a highly regarded author, commentator, and presenter in Design Technology and BIM related matters. Dr. Holzer published 'The BIM Manager's Handbook' for the renown publisher Wiley & Sons. in 2016 and currently writes 'Design Technology in Contemporary Practice for Routledge'. His interests lie in parametric design; 'information management' across design, construction and operation; Building Information Modelling (BIM); building performance optimisation, and collaborative design across all stakeholders in the building industry. Dr Holzer frequently publishes on Design Technology and he currently authors the BIM column in Australia's FM Magazine. He is a regular speaker/host at high level industry functions on the topic of BIM, FM and computational design overall

---

### **Abstract**

*This keynote will address the often-conflicting interests higher education institutions are confronted with when integrating BIM in their curriculum. Getting BIM right in education is difficult as its use is continuously evolving and diversifying. Whereas education within academic institutions is structured according to distinct disciplines, BIM is often associated with competencies that are multi-disciplinary and address the entire life-cycle of projects.*

*Any academic institution teaching architectural, design, engineering, construction or project management has faced questions on how to respond to the increased use of Building Information Modelling throughout the construction industry. BIM has become the main method to deliver construction projects in developed countries, where industry and government representatives push for greater adoption and dissemination of BIM methods among their supply chain.*

*Educational Institutions need to respond to the challenges and opportunities associated with the increased demand for BIM by adjusting their curricula and determining the most appropriate pathway for their students to approach BIM. A number of questions emerge:*

*Do we teach BIM as a separate course/subject, or Do we expand existing subjects with additional BIM teaching?*

*How do we address the fact that BIM cuts across a broad range of disciplines when setting up academic courses?*

*Do we teach into each discipline, or aim to offer courses that are open to all?*

*How can you prepare students for BIM when its context is constantly changing?*

*How do key competencies associated to BIM differ from those we have taught in the past?*

*Dominik Holzer will address the above questions based on his experience in the Australian Higher Education context.*

---

## BIM en el diseño y la construcción de presas en un trabajo final de grado

Rodríguez-Serrano, Marcos<sup>a</sup>; Vilardaga-Rodrigo, Iván<sup>b</sup> y Aramburu-Landeras, David<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Europea de Madrid, España, [marcos.r.s22@gmail.com](mailto:marcos.r.s22@gmail.com)

<sup>b</sup>Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Europea de Madrid, España, [ivan.vilardaga@universidadeuropea.es](mailto:ivan.vilardaga@universidadeuropea.es)

<sup>c</sup>Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Europea de Madrid, España, [david.aramburu@universidadeuropea.es](mailto:david.aramburu@universidadeuropea.es)

---

### Abstract

*BIM methodology in infrastructures is possible in the field of dams, both in the desing phase, the construction phase and operation of the infrastructure.*

*In the Final Degree Project defended at the “Universidad Europea de Madrid” we have worked with BIM to provide an alternative to the solution of the “Nueva Presa de la Concepción” (Marbella). This proposed project is a double-curved arch dam that generate the regrowth of a current reservoir, in order to supply the increased demand for water supply.*

*In the created model all key elements of the dam have been pre-constructed, such as the dam body (with galleries and abutments), spillways (upper and lateral), the bottom outlet, floodgates, intake tower, the top of the dam and the roads access, thus obtaining a model with different disciplines.*

*Once the model has been created (with a a block construction process), plans and measurements are obtained to generate in a simple way the different project documents. In addition, virtual reality glasses are used to understand the project in a more visual way.*

**Keywords:** dam, civil engineering, BIM, final degree project.

---

### Resumen

*La metodología BIM en infraestructuras es posible en el ámbito de las presas tanto en la fase de diseño como en la construcción y explotación de la infraestructura.*

*En el Trabajo Final de Grado defendido en la Universidad Europea de Madrid hemos trabajado con BIM para aportar una alternativa a la solución de la Nueva Presa de la Concepción (Marbella). Esta obra planteada es una presa de doble curvatura (bóveda) que origina el recrecimiento de un embalse actual, para conseguir abastecer el incremento de demanda de suministro de agua.*

*En el modelo realizado se han preconstruido todos los elementos clave de la presa como el cuerpo de presa (con las galerías y estribos), aliviaderos (superior y lateral), desagüe de fondo, compuertas, torre de toma, coronación, y las carreteras de acceso, obteniendo así un modelo con diferentes disciplinas.*

*Una vez creado el modelo (con proceso constructivo por bloques), se obtienen planos y mediciones para generar de forma sencilla los diferentes documentos del proyecto. Además, se utilizan las gafas de realidad virtual para poder comprender la obra en su conjunto de una forma más visual y “entrando” virtualmente en la presa.*

**Palabras clave:** presa, ingeniería civil, BIM, trabajo final de grado.

---

## Introducción

En la actualidad, el uso de BIM en el ámbito de la Ingeniería Civil está enfocada al uso de herramientas BIM, pero en cuanto a la metodología de trabajo, la manera de integrar la información obtenida, interrelacionarla y transferirla a terceros es un proceso que está siendo más complejo de implementar.

Esta situación en el mundo profesional se acentúa en el ámbito formativo y en mayor medida en el universitario. Predominan las publicaciones de experiencias BIM en la formación universitaria de titulaciones como Arquitectura y “Construction Manager”, pero son escasas las referentes a intentos de implantación en Ingeniería Civil.

En estas publicaciones el modo de implantación mayoritario en este sector consiste en una asignatura única, de carácter optativo. Hay muy pocos casos publicados en los que se opte por integrar BIM como una herramienta vehicular para adquirir las competencias de la titulación.

De estos destaca la propuesta de Adamu & Thorpe (2015), que implanta de forma progresiva e integrada en el plan de estudios, en asignaturas optativas y obligatorias, con carácter multidisciplinar y con apoyo de workshops temáticos de apoyo extracurricular.

En una línea similar se diseñó un plan de integración de formación BIM en Ingeniería Civil en la Universidad Europea de Madrid. Se establecieron 4 etapas de capacitación BIM a nivel educativo basadas en las análogas en la industria formuladas por Succar (2009) y se estableció como objetivo para el periodo formativo completo de la adquisición de la etapa 3 correspondiente a la capacitación para realizar experiencias piloto con actividades coordinadas entre asignaturas compartiendo un mismo modelo federado (Vilardaga 2017).

El diseño inicial de integración de BIM en el plan de Estudios del Grado en Ingeniería Civil se implantó en curso 2014-2015 con numerosas dificultades que hicieron necesario reajustar y reformular muy significativamente la distribución y las etapas de capacitación que se iban adquiriendo progresivamente a lo largo de los diversos cursos y asignaturas para el curso siguiente. Este proceso de mejora y reajuste se repitió a finales del curso 2015-2016 con ya algunos éxitos destacados en cuanto al diseño y objetivos perseguidos estableciendo un plan para el curso 2016-17 que se está replicando en el curso actual 2017-2018.

Después de sólo 3 años del inicio de este plan de integración, aun con las dificultades encontradas para conseguir establecerlo en el curso inicial y con los cambios y reajustes producidos en los sucesivos cursos un alumno ha conseguido un conocimiento y capacitación muy relevante en el desarrollo de proyectos en BIM. El éxito no es tanto el de la consecución de los objetivos establecidos en el plan, sino de cómo ésta integración mejorable, imperfecta en su inicio, con sucesivos reajustes, ha conseguido motivar y facilitar la formación de un alumno que ha pasado de un desconocimiento total a desarrollar un proyecto con muy diversos software “BIM”. Buscando y aprovechando las ventajas que ofrece esta metodología más allá de lo exigido en un Trabajo Fin de Grado tradicional. Además lo ha realizado en una especialidad, la hidráulica, con escasas experiencias en BIM incluso en el ámbito profesional.

El presente artículo pretende mostrar cómo BIM permite una mayor comprensión del funcionamiento, estructuras y elementos de este Trabajo Final de Grado.

## 1. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es el de evidenciar la evolución formativa en software y metodología BIM adquirida por un alumno de Grado en Ingeniería Civil mostrando su Trabajo Final de Grado.

Como objetivos secundarios están:

- Emplear diferentes software BIM para realizar un proyecto integrado de Ingeniería Civil.
- Diseñar de forma integrada diferentes infraestructuras del sector de la Ingeniería Civil.
- Modelar en BIM los elementos de una presa manteniendo su funcionalidad y facilitando su comprensión.

## 2. Estado del arte

BIM entendido como un conjunto de tecnologías y procesos/metodología se está convirtiendo en el estándar de desarrollo de proyectos a nivel mundial (McGraw-Hill Construction, 2014; Jung y Lee, 2015). Ante esta situación las empresas, que entienden que los profesionales no han adquirido los contenidos y competencias BIM suficientes en su formación universitaria, han realizado formaciones propias destinadas a suplir esta deficiencia. (Lee y Dossick, 2012). En la formación en BIM, sin embargo, una de las mayores dificultades es la falta de formación de los profesionales y docentes (Nejagt et al, 2012), por lo que esta formación inicialmente interna se ha ido extendiendo y ampliando hacia títulos propios de postgrado sobre todo en el ámbito de la arquitectura y la edificación, y en el último año también en la Ingeniería Civil.

Las universidades no son ajenas a esta realidad y han empezado a implantar programas de formación en BIM para mejorar significativamente las oportunidades laborales de los egresados (Hamid et al, 2016; Hsieh, 2015). Adicionalmente BIM ayuda a visualizar lo que se diseña en un ambiente simulado (Prieto y Reyes, 2015) y entender el funcionamiento y la operatividad de los diferentes elementos integrados, por lo que se muestra como una oportunidad de trabajar tanto la parte teórica con la parte práctica.

La mejor preparación para los estudiantes se basa en la formación aplicada a proyectos reales (Behzadan et al, 2011), siendo por lo tanto el Trabajo Fin de Grado de un proyecto constructivo la oportunidad idónea para aplicar BIM.

Este trabajo Fin de Grado se desarrolla en el tercer curso del Plan de Integración de BIM en la titulación del Grado en Ingeniería Civil, pero la constante modificación y adecuación de este Plan y el limitado impacto en las asignaturas cursadas por el alumno no justifican la inclusión de BIM y calado en el propio TFG. Se evidencia así lo indicado por Lee y Dossick, 2012, al destacar que la inclusión de BIM en el currículo consigue, además de una preparación práctica, un mayor compromiso de los estudiantes, y que el objetivo 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, como así se muestra en los posteriores apartados.

Antes de entrar a describir dicho Trabajo se hace preciso introducir el contexto en el que se desarrolla. La Nueva Presa de la Concepción (Marbella) es una obra planteada por la Agencia de Medio Ambiente y Agua de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Junta de Andalucía, con el objetivo de recrecer el embalse actual de la presa de La Concepción, consiguiendo abastecer el incremento de demanda de suministro de agua en la Costa del Sol y mejorar la regulación existente, aumentando la capacidad y evitando así aliviar el agua acumulada en épocas húmedas y disponer de este recurso en épocas secas. El diseño plantado en el Anteproyecto, con título "Recrecimiento del embalse de La Concepción, T.M. de Marbella (Málaga)" presentado al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, contempla una solución de presa de gravedad que por su elevado coste, con un presupuesto base de licitación de 324 millones de euros, en un primer momento hace plantearse si con los condicionantes socioeconómicos existentes se llegaría a descartar como anteproyecto.

En el Trabajo Final de Grado defendido en la Universidad Europea de Madrid en julio de 2017 por Marcos Rodríguez Serrano se plantea una nueva alternativa de presa de doble curvatura o bóveda ubicada en la cerrada aguas abajo de la actual presa de La Concepción así como el acceso por carretera, instalaciones y edificación. Este trabajo Fin de Grado, que integra diferentes disciplinas y se ha desarrollado en BIM, es el objeto del presente artículo.

## 3. Marco metodológico

Para afrontar el Trabajo Final de Grado (TFG) y la aplicación de BIM en un trabajo de estas características ha sido necesario establecer unos puntos clave en la planificación del conjunto del trabajo. De esta manera, es posible marcar unos hitos para el traspaso de información de los diferentes anexos que conforman un proyecto de estas características, y así poder finalizar con un modelo que integre toda la información generada durante el TFG. A continuación, se muestra un diagrama de flujo en el cuál se representa las fases seguidas durante el Trabajo, así como los softwares utilizados en cada fase:

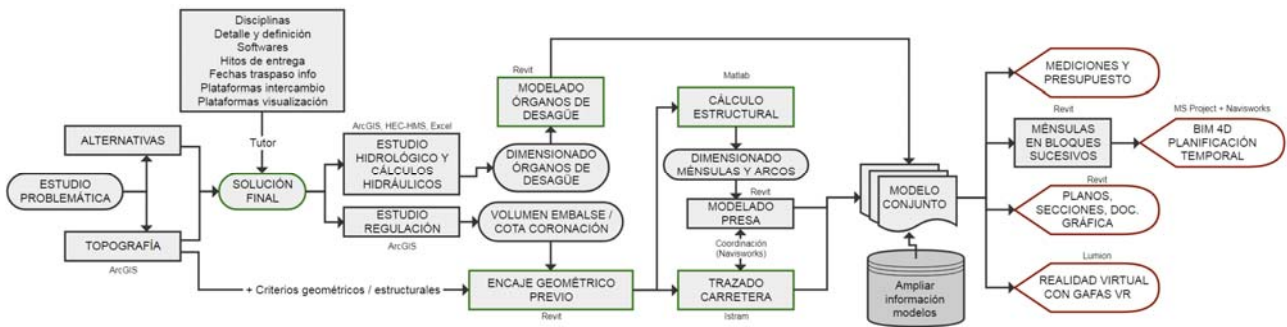


Fig. 1 Diagrama de flujo sobre la metodología seguida en el TFG. Fuente: Elaboración propia

En primer lugar, ha sido necesario estudiar la problemática y las diferentes alternativas que pudiesen dar solución al caso planteado. De esta manera se puede estudiar las necesidades reales de realizar un modelo BIM y dar lugar a conocer el alcance futuro de éste. Junto con la topografía georeferenciada (generada haciendo uso de la herramienta ArcGIS) y las diferentes alternativas propuestas, es posible definir de una forma más concreta la solución final a adoptar, decidiendo que elementos conformarán el modelo final, que en este caso está formado por el modelo de la presa (y sus elementos) y la carretera convencional de acceso. El tutor del TFG interviene durante este proceso de decisión con el fin de decidir el nivel de detalle y definición a llegar en el modelo, los softwares a utilizar (ArcGIS, Hec-HMS, Istram, Revit, Navisworks, Matlab, Lumion), los hitos de entrega y fechas a acordar de cada traspaso de información y las plataformas de intercambio de archivos y corrección donde el tutor podrá visualizar el modelo.

Una vez se han marcado estas fases, es posible comenzar con los diferentes estudios que completarán la información para generar el modelo:

1. Estudio de regulación: a partir del estudio de aportaciones y demandas, es posible definir el volumen de embalse de recrecimiento necesario, y a su vez, junto con la topografía generada y la cerrada donde se ubica la presa definir la cota del nivel máximo normal y/o coronación de la presa.
2. Encaje geométrico: conociendo el nivel máximo normal, la cerrada y bajo unos criterios estructurales de ángulos de ataque en estribos, ángulo de recorrido, etc., es posible modelar en Revit una geometría previa que se coordina junto con la topografía generada desde ArcGIS, ubicando así la presa en el modelo. En este paso es posible conocer dos puntos importantes del proyecto: las coordenadas de los estribos para la conexión de la carretera convencional con la presa.  
En este punto se establece uno de los hitos a entregar al tutor del trabajo para realizar seguimiento.
3. Trazado: el modelado del trazado de la carretera convencional con Istram es posible comenzarlo una vez se tienen georeferenciados los puntos de conexión con los estribos. Es importante destacar que para obtener una buena generación de los archivos IFC de exportación de Istram hay que seguir unos pasos con cautela sin posibilidad de “atajos” en el trazado de la vía, siendo necesario establecer una estrategia de modelado que el trazadista deberá seguir; en caso contrario, el archivo IFC no se generará como se espera, teniendo problemas con los modelos geométricos y sus propiedades exportadas. Además, se utiliza el software Navisworks para comprobar la coordinación entre el modelo de trazado y el de la presa.  
En este punto se establece uno de los hitos a entregar al tutor del trabajo.
4. Cálculo estructural: el cálculo estructural de la presa se realiza con Matlab, y a partir de los datos obtenidos del cálculo (secciones de las ménsulas y los arcos) se modela la presa de doble curvatura en Revit siguiendo el encaje geométrico previo, y dichos datos.

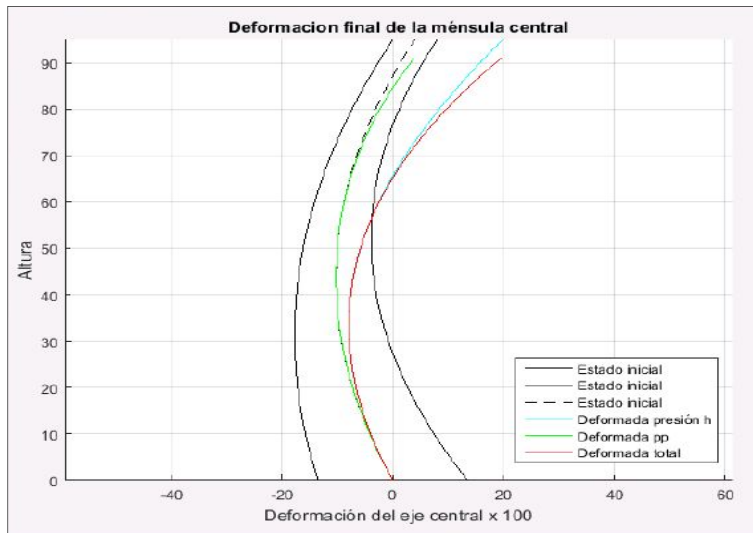


Fig. 2 Deformación y posterior cálculo de secciones. Fuente: Elaboración propia

- Estudio hidrológico: haciendo uso de las herramientas ArcGIS, Hec-HMS y Excel, se modeliza el estudio hidrológico para obtener el hidrograma de avenida de diseño con el que se dimensionarán los aliviaderos con el fin de laminar las avenidas con periodo de retorno de 1000 años.

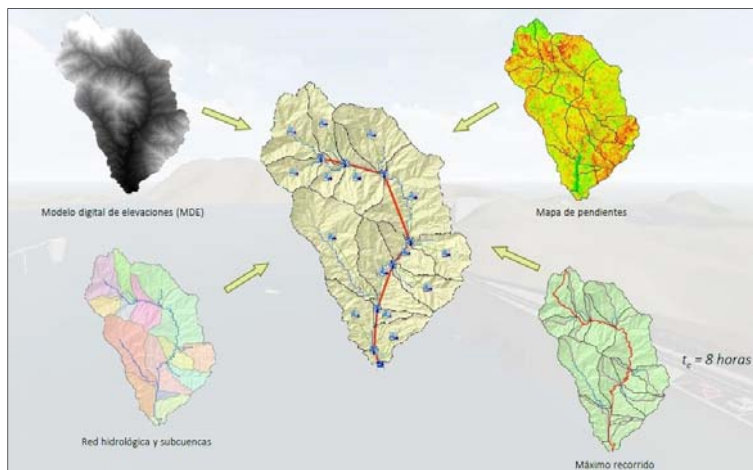


Fig. 3 Modelo hidrológico de estudio generado con diversos mapas. Fuente: Elaboración propia

- Cálculos hidráulicos: se realizan cálculos hidráulicos con los que se dimensionan las instalaciones hidráulicas (aliviadero lateral con compuertas Taintor y, desagüe de fondo con compuertas Bureau y válvulas Howell), con los que posteriormente se modelarán en el modelo de la presa. En este punto se establece uno de los hitos a entregar al tutor del trabajo.

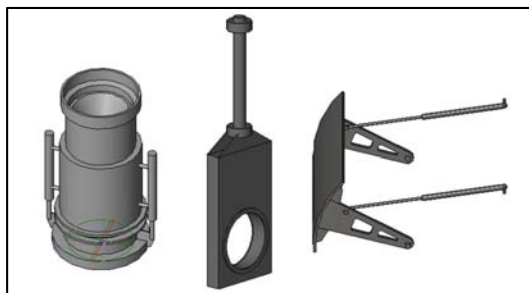


Fig. 4 Familias de válvula Howell y, compuertas Bureau y Taintor. Fuente: Elaboración propia

Una vez modelados todos los elementos de la presa se introduce información a los elementos y las familias de Revit para posteriormente obtener mediciones y datos relevantes de éstos.

Además, se divide la presa en ménsulas que a su vez son divididas en bloques con el fin de asignar una planificación de producción en obra creada en Microsoft Project. Esta planificación se importa en Navisworks para asignar a cada uno de los elementos dicha planificación, de modo que se obtiene una secuencia constructiva de bloques sucesivos que estará vinculada a un archivo de MS Project. A partir del modelo, se obtienen planos, secciones y todo tipo de documentación gráfica que se adjunta en el documento de planos, reduciendo el tiempo de delineación considerablemente. Además, se obtienen todos los datos relevantes de mediciones para realizar el documento de mediciones y presupuestos.

Por último, el modelo se importa en Lumion para generar un archivo que se pueda leer en gafas de realidad virtual de modo que la experiencia de comprensión del proyecto en su conjunto de los miembros de tribunal se amplía de manera considerable.

#### 4. Resultado

El resultado del Trabajo Final de Grado es un modelo que integra diferentes disciplinas (estructura de la presa, carretera convencional, instalaciones hidráulicas y edificación), que posee toda la información relevante del proyecto como geometría, materiales, planificación temporal, etc. Gracias al uso de ésta metodología en el TFG, se ha podido ahorrar tiempo en el diseño de la presa y todos los elementos que conforman el proyecto mejorando la coordinación espacial entre éstos. Además, una vez el modelo contiene toda la información, la obtención de mediciones y presupuestos, documentación gráfica como planos, cortes 3D, etc. ha sido inmediata. También, cabe destacar que la visualización en 3D es una gran ventaja para comprender el proyecto en su conjunto y detectar posibles errores o mejoras.

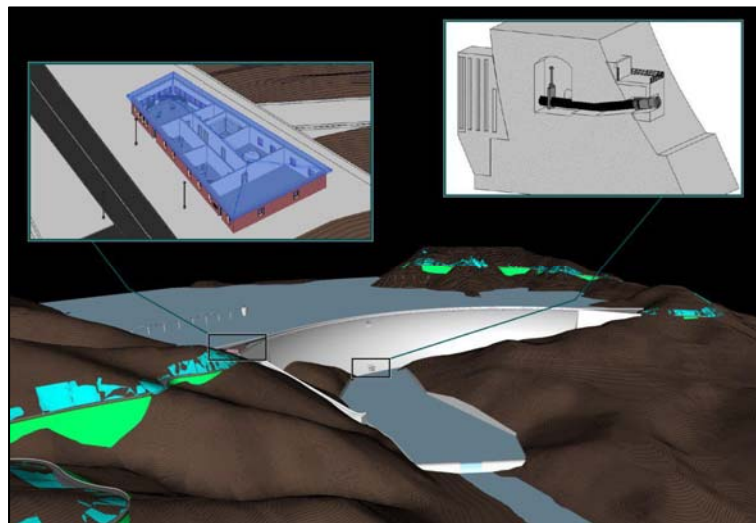


Fig. 5 Modelo final de la Nueva Presa de la Concepción. Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la cuarta dimensión de BIM, una vez está referenciada la planificación temporal de MS Project en Navisworks para cada uno de los bloques y demás unidades de obra, se puede observar una simulación por fases del proyecto, detectando posibles interferencias de actividades durante la construcción. Además, en caso de ser necesario, es posible modificar la planificación en función de la producción de la propia obra, detectando retrasos en el hormigonado de los bloques.

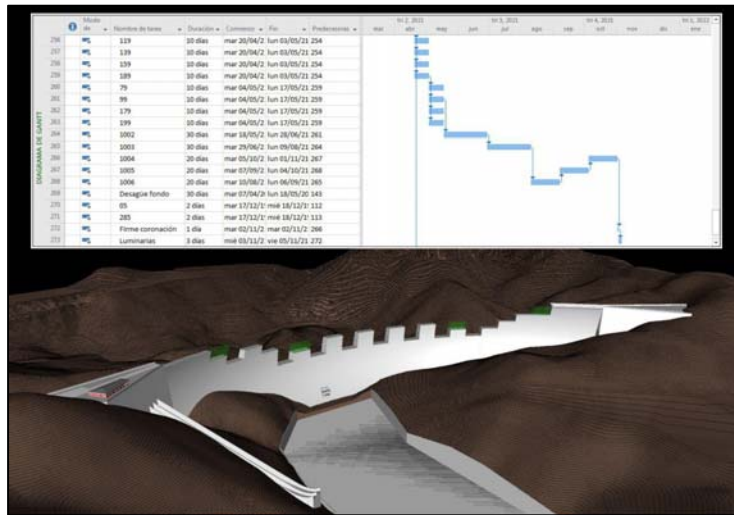


Fig. 6 BIM 4D, planificación temporal por construcción de bloques sucesivos. Fuente: Elaboración propia

De la exportación de IFC del trazado generado en Istram, se puede obtener todo tipo de información de los elementos de obra lineal tales como volúmenes de desmonte y/o terraplén, de firmes, de explanada, metros lineales de bionda, de cuneta, materiales, superficies, pendientes, etc. Además, la visualización en 3D del trazado y el volumen de movimiento de tierras es una gran ventaja a la hora de confirmar el trazado de la carretera, así se puede afirmar la idoneidad de éste y de la coordinación con los estribos de la presa o con otras carreteras existentes.

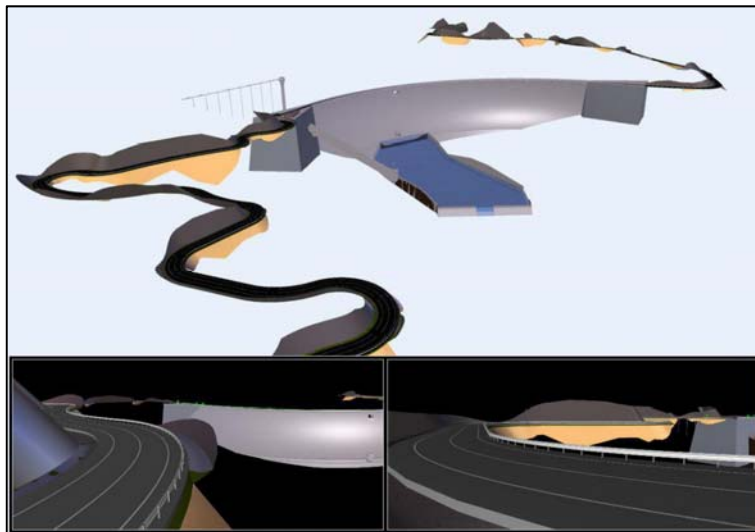


Fig. 7 Modelo de la carretera convencional de acceso a la presa. Fuente: Elaboración propia

Por último, de la importación del modelo en Lumion, se obtienen imágenes renderizadas de la presa y el entorno, así como imágenes 360 que son importadas en gafas de realidad virtual. De este modo, y visualizando la presa desde todos los puntos relevantes, se puede entender el proyecto en su conjunto de una forma más completa y realista.

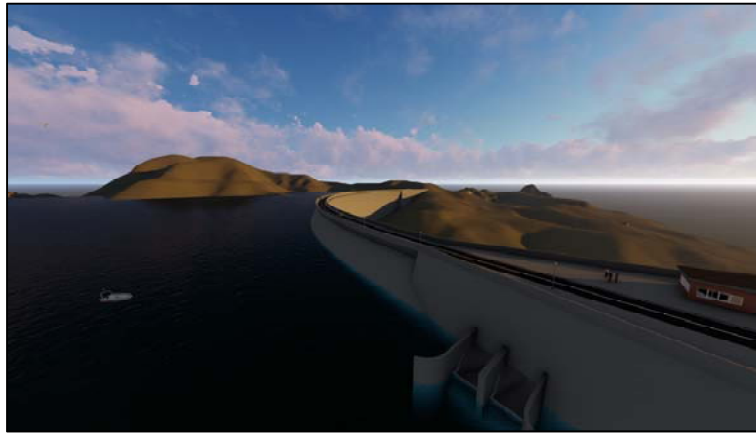


Fig. 8 Renderizado del modelo. Fuente: Elaboración propia

## 5. Conclusiones

En el Trabajo Final de Grado expuesto se ha conseguido realizar un modelo que integra diferentes disciplinas y que posee toda la información del proyecto, modelando los elementos más importantes de la Nueva Presa de La Concepción planteada, y empleando diferentes softwares para realizar este proyecto. Además, se han diseñado de forma integrada dos infraestructuras del sector de la Ingeniería Civil, obra hidráulica y obra lineal.

Ha sido necesario seguir una serie de fases ligadas entre sí, realizando estudios y cálculos con diferentes softwares en el que cada uno ha tenido su relevancia para conseguir el conjunto del modelo: ArcGIS y Hec-HMS para la topografía, el estudio hidrológico y el estudio de regulación; Revit para el modelado de la presa e integración de la información; Matlab para el cálculo estructural; Istram para el trazado de la carretera; MS Project para el diseño del plan de ejecución de la obra; Navisworks para la coordinación de los diferentes modelos y para la simulación constructiva en fases; y finalmente Lumion para la visualización del proyecto en gafas de realidad virtual.

Se llega a conseguir así la cuarta y la quinta dimensión BIM, siendo la cuarta dimensión la simulación por fases y el diseño del plan de ejecución, y la quinta dimensión el control de los costes (cantidades de materiales y estimación de costes).

El uso de BIM en este Trabajo Final de Grado ha aportado un sinfín de ventajas tanto a la hora de realizar el proyecto como a la hora de obtener resultados, dando un valor añadido al trabajo en su conjunto.

## 6. Referencias

ADAMU, Z.A. AND T. THORPE (2015). "How should we teach BIM? A case study from the UK".9th BIM Academic Symposium & Job Task Analysis Review .Washington, DC.

BEHZADAN, A. H., IQBAL, A., & KAMAT, V. R. (2011). A collaborative augmented reality based modeling environment for construction engineering and management education. Simulation Conference (WSC), Proceedings of the 2011 Winter, pp. 3568-3576.

HAMID ABDIRAD, CARRIE S. DOSSICK (2016). BIM curriculum design in architecture, engineering, and construction education: a systematic review. Journal of Information Technology in Construction (ITcon), Vol. 21, pp. 250-271, <http://www.itcon.org/2016/17>

JUNG, W. AND LEE, G. (2015). The status of BIM adoption on six continents. International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering, 9, pp. 444-448.

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.

MCGRAW-HILL CONSTRUCTION. (2014). "The business value of BIM for construction in major global markets: How contractors around the world are driving innovation with building information modeling." SmartMarket Rep., H. M. Bernstein, S. A. Jones, M. A. Russo, D. Laquidara-Carr, and W. Taylor, eds., Bedford, MA.

NEJAGT, A., MUKADDES, M., GHEBRAB, T. (2012). BIM Teaching Strategy for Construction Engineering Students. American Society for Engineering Education.

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, pp. 36-45.

SHANG-HSIEN HSIEH, AMARNATH C B AND YUAN-HAO TSAI (2015) ON TEACHING BIM TECHNOLOGY IN CIVIL ENGINEERING . International Conference on Innovative Production and Construction (IPC 2015). 28-31 July 2015, Perth, Western Australia, Australia

SUCCAR, B. (2009). Building Information Modelling Maturity Matrix, in: Underwood, J., Isikdag, U. (Eds.), Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies. IGI Global, pp. 65–103. doi:10.4018/978-1-60566-928-1.ch004

VILARDAGA, I. (2017). Plan de Integración de BIM en la titulación del Grado en Ingeniería Civil. Tesis Doctoral. Universidad Europea de Madrid.

## Las dimensiones humanas del BIM

Mokhtar-Noriega, Farid<sup>a</sup>; Jernigan, Finith<sup>b</sup>; Martínez-Matute, Joaquín<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Escuela de Arquitectura y Tecnología, Universidad Camilo José Cela, España, fmokhtar@ucjc.edu

<sup>b</sup>FAIA, Presidente de Design Atlantic Ltd | Editor de 4Site Press finith@designatlantic.com

<sup>c</sup>Arquitecto investigador BIM, joaquinmartinez.arq@gmail.com

---

### Abstract

*Digital automation processes, using next-generation BIM, can reduce repetitive tasks and facilitate the management of information in decision-making activities. Moving to a holistic perspective, BIM supports a complex ecosystem of actions, relationships, and human learning. Information-driven processes that allow community members to concentrate their energy on finding viable solutions to critical issues benefits in buildings life cycles, rising question such as: What traits and skills are needed to succeed in this new framework? How to acquire and develop them in the real world? Can we preserve traditional activities, while embracing innovations that make automation successful? Are disruptive changes necessary? Can a humanist interpretation help us formulate a new paradigm that makes the technology people-centered? How do we expand the current view of BIM as an app for experts, to embrace a more democratic BIM that is also a communication interface between all the social actors involved? Education, to help the building industry understand the benefits and possibilities, is required if we are to find answers that work for all concerned. Much research and proof-of-concepts are in place to jumpstart this emerging holistic framework that we call BIM 4.0.*

**Keywords:** BIM, automation, Cultural transformation, social learning, colaboration, education innovation

---

### Resumen

*Los procesos de automatización digital, que implementan la próxima generación de BIM, pueden reducir las tareas repetitivas y facilitar la gestión de la información en las actividades de toma de decisiones. Desde una perspectiva holística, el BIM sostiene un ecosistema complejo de acciones, relaciones y aprendizaje humano. Los procesos basados en información permiten a los miembros de una comunidad concentrar su energía en buscar soluciones viables a problemas críticos en los ciclos de vida de los edificios, planteando preguntas como: ¿Qué rasgos y habilidades se necesitan para tener éxito en este nuevo marco? ¿Cómo adquirirlos y desarrollarlos en el mundo real? ¿Podemos preservar las actividades tradicionales, al mismo tiempo que adoptamos innovaciones que faciliten el éxito de la automatización? ¿Son necesarios cambios disruptivos? ¿Puede una interpretación humanista ayudarnos a proponer un paradigma de una tecnología para las personas? ¿Cómo expandimos la visión actual del BIM como aplicación manejada por expertos, convirtiéndolo en interfaz de comunicación democrático para los actores sociales involucrados? Todo ello requiere una educación que ayude la industria de la edificación a comprender sus beneficios y posibilidades, proponiendo soluciones operativas para todos. Se pusieron en marcha investigaciones y pruebas de conceptos para promover este marco holístico emergente que llamamos BIM 4.0.*

**Palabras clave:** BIM, automatización, Transformación Cultural, aprendizaje social, colaboración, innovación educativa

---

## 1. Dimensión humana del BIM

Las aplicaciones etiquetadas como “Building Information Modeling” o BIM se convirtieron en una de las mayores innovaciones técnicas en el contexto del desarrollo de proyectos, gracias en gran medida a la intensa labor evangelizadora de las empresas de software para arquitectura. Sin embargo, esta creencia no resulta del todo cierta, los sistemas BIM surgen de una necesidad social y económica, para controlar: la coherencia de la documentación del proyecto, los presupuestos de obra y los costes de operación de los edificios durante su ciclo de vida (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011). En este sentido, y al igual que cualquier otro ecosistema de actividad humana, el BIM posee tres dimensiones funcionales básicas: física, cultural y emocional.

- La dimensión física, describe las actividades físicas que realizan los profesionales de la edificación como: diseñar, proyectar el proceso constructivo, la producción de materiales y componentes constructivos o medios mecánicos auxiliares para las obras. Todos ellos determinan el coste y los plazos de todas las actividades y procesos en cualquier entorno de construcción o edificación, desde el más sencillo al más complejo.
- La dimensión cultural, está relacionada con el desarrollo del conocimiento y el aprendizaje que comparte cada comunidad, sobre técnicas, normas legales y valores éticos.
- La dimensión emocional, por otro lado, describe, los valores humanos positivos como: la colaboración, la cohesión o la confianza mutua, y a su vez, los negativos, es decir, todos aquellos que gobiernan el comportamiento de los miembros de una comunidad profesional.

Bajo esta mirada, no es difícil calificar la integración del BIM en los últimos años, de caótica y asimétrica, centrándose en exceso en la vertiente técnica e ignorando las dimensiones culturales y emocionales. En definitiva, la idea del BIM reinante en la actualidad no refleja en gran medida su verdadera esencia, función y beneficios. Porque en esencia el BIM no es necesariamente sofisticados entornos digitales integrados, dotados de funciones paramétricas difíciles de entender por la mayoría de la Comunidad a quien va dirigido, sino en esencia, la síntesis del sentido común de la profesión, sustentado por medios tecnológicos más bien sencillos.

En esta línea, el concepto de BIM 4.0 es un intento de simplificar el aprendizaje de las comunidades del sector de la edificación, de cómo usar las tecnologías actuales en la mejora de la eficacia de los procesos constructivos, así como implicar de una manera lógica a todos los actores involucrados en una actividad económica estratégica en el primer mundo (F JERNIGAN & BORDENARO, 2017). Surgen pues las siguientes preguntas:

- ¿Qué implica el cambio cultural en el aprendizaje de los procesos constructivos y de gestión?
- ¿Cómo organizamos las actividades de esta práctica profesional holística?
- ¿Cuál es el valor de la tecnología?
- ¿Qué no es BIM?

### 1.1. La automatización trata de personas

La digitalización del proceso de gestión de las actividades ofrece la oportunidad de reducir las tareas mundanas permitiendo que nos centremos en los problemas críticos. Esta digitalización, además, nos brinda la oportunidad de aumentar considerablemente los flujos y el volumen de información que garantizan la correcta toma de decisiones de una forma, digamos, fácil de digerir. A menudo, la automatización cambia la forma en que trabajamos y lo que hacemos, enriqueciendo las cosas que creamos. Por lo tanto, digitalizar los procesos, sí, pero esto nunca significará acabar con aquellos valores que nos hacen fuertes como seres humanos conectados, no quiere decir destruir aquello que valoramos. Los procesos conectados siempre serán sobre las personas y de un modo u otro habrá personas en todo proceso.

Aunque podemos automatizar la mayor parte de las actividades normalizadas repetitivas, cabe admitir también, que no todo el mundo posee la formación o lo que es más importante, una mentalidad adecuada, para adoptar de una forma eficaz, la organización de actividades y procesos que explote al máximo el BIM. Algunas personas se resisten aún a la idea de utilizar la tecnología para automatizar las prácticas de trabajo. Los responsables tradicionales temen perder el control en sus actividades. De ser así, estos prejuicios resultaran con seguridad contraproducentes para establecer los procesos conectados, posicionándonos irremediabilmente para un proceso sub-optimizado.

Surge entonces la pregunta ¿Qué es lo importante en el BIM? ¿Saber de tecnología o entender de procesos? La mayoría de las discusiones sobre la tecnología en el entorno construido se centran en las herramientas, seguidas por los procesos, con un poco de cambio organizacional. Estas son las caras duras del modelado y la conexión de la información. Es difícil identificar un curso de capacitación BIM, seminario o foro que se centre en las personas. Sin embargo, este enfoque humano, por qué no, posicionado en el lado difícil de la ecuación, en el lado de la gente, puede no ser tan sorprendente para cualquiera que se adentre en nuestra Comunidad BIM, pero ¿tiene sentido? Creemos que sí. Al invertir nuestra energía en las personas, construimos soluciones más sólidas. Quizás por primera vez, Big-BIM e Internet permiten a las personas aprovechar sus capacidades y recursos para competir directamente con las organizaciones más grandes.

El concepto Little-BIM “pequeño-BIM” prospera en la complejidad técnica en un mundo de expertos y especialistas. Little-BIM como aplicaciones informáticas ha ralentizado la adopción de los beneficios del Big-BIM que son una amenaza para el status quo. Tal vez el enfoque en el pequeño-BIM se debe a que este se puede ver con facilidad; es simple de entender, fácil de cuantificar y fácil de vender. Tal vez sea debido a la mentalidad y el costumbrismo heredados. Cualquiera que sea el motivo, el enfoque en el software, los procesos y el cambio organizacional no es suficiente (Finith JERNIGAN, 2007). El BIM nos ayuda a aprovechar los cambios antes de que consuman recursos significativos, la curva del “coste del cambio” ilustra la capacidad de cambio sin consecuencias disminuye a medida que avanzan en el proceso de desarrollo de los proyectos (Figura-01).

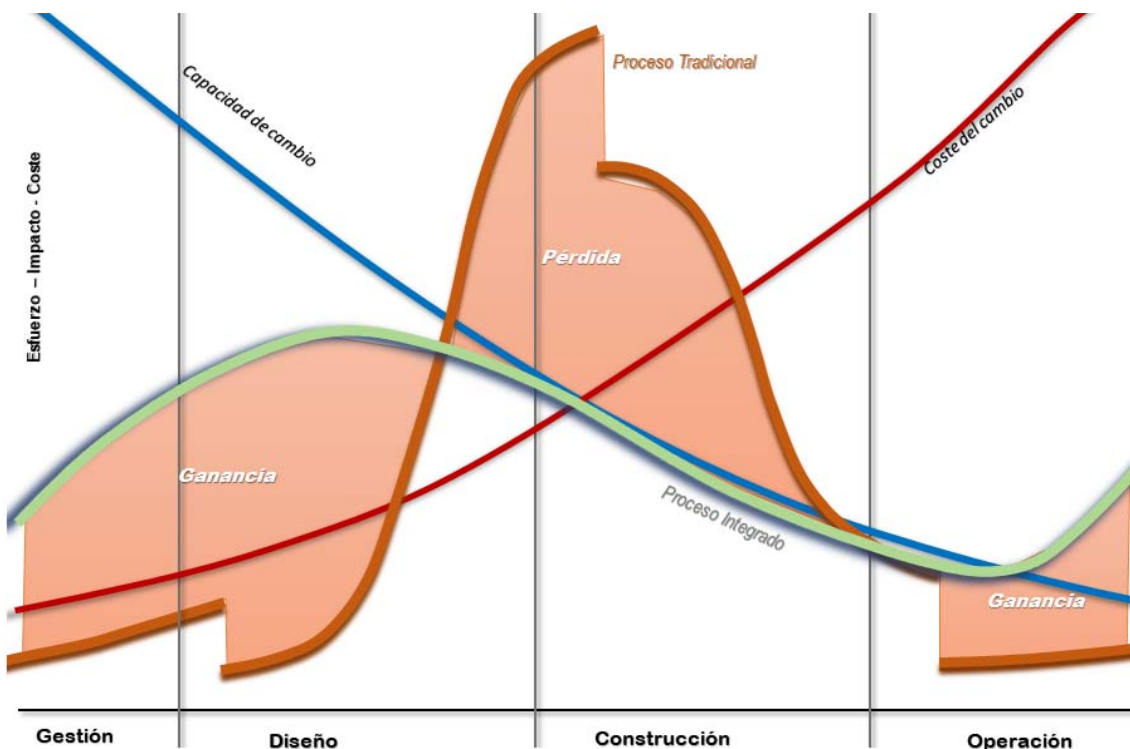


Figura-01 La curva del “coste del cambio” Según Finith Jernigan, 2017

Durante años, los especialistas han trabajado de forma aislada. Sus áreas de experiencia están empezando a cruzarse en el marco conceptual más amplio del entorno construido. Los profesionales de la edificación estamos descubriendo nuevos recursos como: la información geográfica, la información de las instalaciones, la información de servicios públicos, la información de las operaciones, la información comercial, la información política, la información de la sostenibilidad y prácticamente cualquier otra forma de información deben estar entrelazadas. Creamos o manipulamos datos usando conjuntos casi ilimitados de herramientas digitales, los sensores vinculan todos ellos y nos ayuda a entender lo que está sucediendo en tiempo real (Figura-02).

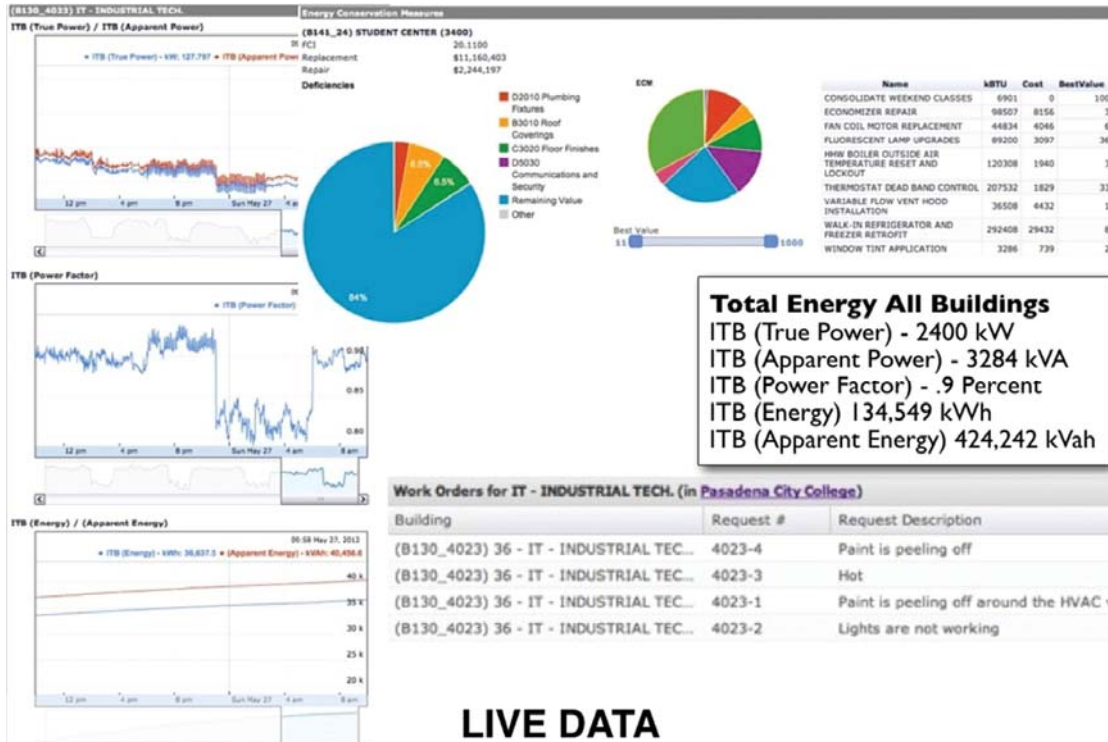


Figura-02 Conjuntos de datos en vivo, Según Finith Jernigan, 2017

## 2. Educar para el futuro

Vivimos en un tiempo donde el trabajo de la economía del conocimiento eclipsa a los trabajadores de antaño. Anteriormente, los estudiantes podían absorber la información que provenía de sus profesores, regurgitar lo que aprendieron para la prueba y, finalmente, obtener el título. Pero el analfabetismo ahora no es no poder leer ni escribir, ahora incluye a la incapacidad de aprender constantemente<sup>1</sup>. Debemos encontrar nuevas formas de educación que se alineen estrechamente con el trabajo futuro que vamos a desempeñar y, reconectar la educación con esta nueva visión (conectada) del futuro. El énfasis debe estar en potenciar a aquellos que se interesan por aprender, y participar, en lugar de limitar a los estudiantes en lo que podríamos denominar aulas estáticas. La educación debe comenzar a enfocarse hacia este aprendizaje experiencial, bajo entornos reales y virtuales.

El sistema educativo necesita alejarse de las metodologías de enseñanza de enfoque de compartimentos estancos, y dirigirse hacia lo conectado como una forma de pensar. El nuevo ecosistema Big-BIM demanda de aquellos que entienden las comunidades interconectadas, los sistemas superpuestos y la complejidad. De otro modo, nuestros actuales sistemas educativos continuarán luchando por objetivos ficticios con pocas posibilidades de resolver verdaderamente los problemas futuros. Necesitamos la voluntad y el conocimiento

<sup>1</sup> Los analfabetos del siglo XXI no serán aquellos que no saben leer ni escribir, sino aquellos que no pueden aprender, desaprender y volver a aprender. - Alvin Toffler

para comprender que cada uno de nosotros tiene la capacidad y los recursos para contribuir de forma relevante en este futuro (ROBINSON & ARONICA, 2015).

Los procesos colaborativos y las herramientas conectadas son los mecanismos que hacen posible el Big-BIM. La educación actual valora la cooperación por encima de la colaboración, y pocos educadores parecen entender la diferencia. La cooperación dice: No se interpongan entre ellos. El modelo de cooperación se creó para capacitar a los trabajadores de la línea de montaje de Henry Ford, no es aplicable a los estudiantes de hoy. Sin embargo, la colaboración es una participación activa de las personas que trabajan juntas, multiplica el valor de muchas personas y articula formas de crear oportunidades. La colaboración, sin embargo, es un concepto más apropiado, que salva la desconexión entre la educación y el resto del mundo. Necesitamos desarrollar estándares académicos que valoren la colaboración como una competencia central.

## 2.1. Integrar la tecnología en el proceso de enseñanza-aprendizaje

La mayor parte de los estudiantes tras acabar sus estudios, descubren con perplejidad que el mundo real no tiene nada que ver con lo que estudiaron. En general, educadores e instituciones invierten demasiado tiempo entre el lanzamiento de una nueva tecnología y su uso práctico en el aula, aplicando los procesos de aprendizaje apropiados (DWECK, 2007).

Los educadores deben proporcionar respuestas a nuevas formas de enseñanza para mejorar a sus alumnos en los conocimientos teóricos que impulsarán el futuro y, aprender nuevos métodos acordes con las formas de trabajo que están surgiendo y que formarán parte de la capacitación de las próximas generaciones. En el ecosistema Big-BIM, este enfoque debe avanzar hacia el pensamiento sistémico y la resolución de problemas. En este momento de cambios disruptivos, la educación requiere sistemas que sean flexibles y receptivos al cambio. Los alumnos deben encontrar respuestas a la pregunta: ¿Qué tecnología usarías para resolver este problema? La formación se enfrenta a los mismos retos que el ámbito de la construcción. Ambos ecosistemas deben cambiar, o las presiones necesariamente forzarán este cambio, pero de forma dramática.

La tecnología ha creado un abismo entre generaciones como nunca antes. La escala de los problemas crea oportunidades extraordinarias. El sistema educativo es una cantera de talentos, si estos son debidamente nutridos, se convertirán en los exitosos emprendedores del futuro. Para asumir esta función el sistema educativo debe hacerse cargo de:

- Enseñar a las personas a ser curiosos y aprender toda su vida. Las personas con amplios intereses y conocimiento profundos probablemente sean los mejores practicantes del Big-BIM.
- Enfocar en las futuras prácticas, no en las mejores prácticas actuales, como: arquitectura orientada a servicios, modelos de información, servidores de modelos, servicios web, gestión de activos y sistemas conectados.
- Destacar la importancia del pensamiento crítico, la resolución de problemas, el pensamiento analítico, el pensamiento conceptual, la búsqueda de patrones y la búsqueda de información.
- Dar prioridad a las futuras habilidades digitales.
- Convertir los alumnos en campeones de crowdsourcing, los equipos de alto rendimiento, la colaboración y la toma de decisiones conectadas requieren mayor atención.
- Enfocarse en las competencias emocionales en todos los niveles; sin: la motivación, la autoconfianza, el trabajo en equipo, la empatía y la flexibilidad emocional; los modelos y sistemas de información siempre estarán sub-optimizados.

Las instituciones educativas dedicadas a la investigación, deben estar conectadas con el resto del mundo. La investigación teórica es necesaria para aclarar cómo profesionales y público interactuarán con las nuevas soluciones tecnológicas y sus procesos. Resulta esencial, por lo tanto, una investigación aplicada,

que “simule” cómo los participantes en colaboraciones a gran escala usarán los sistemas y recursos futuros. Son así mismo necesarios estudios de casos prácticos y evidencias del mundo real para convencer a los escépticos (Prensky, 2011).

### 3. Economía del conocimiento

El mundo ha cambiado, pero la mayoría de la gente sigue trabajando de forma costumbrista. Nos guste o no, vivimos inmersos en una economía del conocimiento, donde cada vez es más difusa la línea que divide a los productores de información de los usuarios de la información. Como individuos, nos estamos convirtiendo en fuentes de conocimiento y expertos autodidactas en lugar de consumidores pasivos. Este nuevo paradigma empuja las organizaciones hacia una nueva realidad. Las empresas más audaces, están comenzando a crear ecosistemas propios que les permiten redefinir sus capacidades y responder a esta transformación paradigmática, conectando sistemas, datos y dispositivos. Este cambio está forzando a muchas organizaciones, a reconsiderar cómo expandirse y crecer en el futuro, transformando sus estructuras organizativas centralizadas, compartimentadas y jerarquizadas.

#### 3.1. Competencias

Las empresas tienen dificultades para encontrar personas con: conocimiento y experiencia en procesos interconectados, intuitivos, instruidos en la gestión de procesos en un contexto global, con capacidad de persuadir y capaces de encontrar respuestas situaciones complejas. Estas habilidades son valiosas pero difíciles de aprender, de evaluar y casi con toda seguridad, imposibles de incluir en una base de datos, sin ellas, las empresas no podrán hacer los ajustes necesarios para desarrollar con éxito la transformación paradigmática necesaria, ni adoptar una gestión eficaz basada en el Big-BIM (ERICSSON & POOL, 2017).

Las nuevas habilidades que se pueden desarrollar conociendo, analizando y poniendo en práctica los procesos de trabajo del Big-BIM, incluyen:

- **Habilidades Creativas:** las personas con habilidades creativas usan un conjunto de técnicas de resolución de problemas. Son capaces de usar la lógica para identificar diferentes enfoques y el juicio para analizar sus fortalezas y debilidades. Poseen la capacidad de sintetizar y reorganizar la información para encontrar mejores formas de realizarlas, poseen la capacidad de adoptar ideas nuevas para resolver los problemas complejos y dotes para liderar grupos.
- **Habilidades Combinadas:** las personas que poseen la habilidad de combinar competencias pueden identificar rápidamente la naturaleza, las causas y las dinámicas que definen los problemas complejos. Tienen un deseo constante de mejorar y la capacidad de identificar, recopilar y utilizar solo la información necesaria. Piensan fuera de la caja. Entienden los principios subyacentes de la tecnología y los utilizan para mejorar los resultados.
- **Habilidades Emocionales:** las personas con habilidades emocionales poseen empatía, escuchan a los demás, prueban nuevas ideas y son capaces de dinamizar los grupos con su entusiasmo. Son curiosos y tienen una mente abierta a las ideas y soluciones de los demás. Son observadores y entienden el comportamiento de los demás. Estudian vorazmente para encontrar innovaciones y tendencias en varios campos.
- **Habilidades Futuristas:** las personas con habilidades futuristas son buenas para predecir los resultados probables de los cambios. A menudo son los primeros en comprender los cambios ocurridos, poseen la habilidad de elaborar una narrativa de una condición de trabajo ideal y planear estratégicamente su integración en los esquemas existentes.
- **Competencias para Entender el Cambio:** las personas con esta habilidad comprenden las fases de y las barreras para los procesos de cambio paradigmático. Pueden evaluar e identificar aquellos factores que promueven e inhiben el cambio. Están dispuestos a actuar en contra de las formas de trabajo costumbristas cuando ralentizan el desarrollo del cambio. Tienen la voluntad y la capacidad

de tomar riesgos calculados, pero saben cuándo detenerse y descubrir el camino correcto antes de hacer algo. Estas personas tienen la capacidad de alentar y recompensar a los demás por su iniciativa y trabajo creativo.

### 3.2. Las personas que lo obtienen

El ecosistema Big-BIM necesita equilibrar tres vectores esenciales: personas, procesos y tecnología, para competir en una economía global y proporcionar la información precisa a la hora de tomar decisiones críticas, generando organizaciones conectadas y fluidas. Por lo tanto, necesita contar con el mejor equipo técnico para completar cada tarea, y donde cada miembro del personal trabaja de forma integral en todos los niveles del proceso (F JERNIGAN & BORDENARO, 2017).

De esta forma, mediante procesos conectados, las personas pasan a tener un mayor peso específico que la propia estructura de organización. El BIM y los procesos conectados están evolucionando rápidamente, requieren diferentes conjuntos de habilidades y diferentes formas de interactuar con los equipos. En los procesos conectados, la estructura del personal se aleja de las organizaciones jerarquizadas, adoptando un modelo transversal donde los mandos participan en todos los niveles (DUNCAN, 2006).

La experiencia ha demostrado que, en este tipo de organización, surgen personas con habilidades vitales capaces de sintetizar los datos y resolver los problemas críticos que los procesos requieran. De forma sencilla, denominamos a este tipo de individuos o grupos de personas, el Agente de cambio y debe reunir al menos las siguientes habilidades:

- capacidad de comunicar la visión y superar la complacencia que proviene de las creencias y la inercia prolongadas del costumbrismo. El agente de cambio debe tener, o debe construir, la potencia suficiente para superar cualquier obstáculo al proceso.
- habilidad para reunir a las personas para crear una serie de pequeños éxitos. Se ha descubierto que muchos pequeños éxitos incrementales ayudan a mantener el cambio y no la apuesta por la gran ganancia.
- capacidad para reforzar continuamente el proceso de cambio, incluso después de que su empresa lo internalice completamente.

A medida que esto sucede, es probable que descubra que necesita crear nuevos puestos que reflejen mejor la forma en que trabaja su personal.

### 4. Advertencia a la comunidad

Algunos son conscientes del momento de cambio trascendental que estamos viviendo que algunos describirían como convulso. Una época de gran confusión, sí, pero un tiempo también donde la incertidumbre permite a los actores sin escrúpulos prosperar. Con demasiada frecuencia, aquellos que profesan experiencia son los que crean los mayores riesgos para cualquier ámbito BIM.

La confusión se cuela inevitablemente en las discusiones sobre la adopción del BIM, lo que ha contribuido y sigue generando confusión o malentendidos, y en la mayoría de los casos, no menos intencional. Unas veces, favorecido por la complejidad del tema, otras impulsado por el interés propio o las inercias del mercado. En este contexto, el mejor enfoque es siempre ser cauteloso y cuestionarlo todo, no importa cuán plausible o tentador sea el mensaje. A esta situación se le etiquetó como *BIM Wash*, este término acuñado por Bilal Succar web máster de BIM Thinkspace, describir a las tergiversaciones sutiles de la cultura popular del BIM, lanzando ideas incompletas o usando palabras de moda e hipérboles, aplicando técnicas de adoctrinamiento parecidos al control mental (SUCCAR, 2011) ¿Qué se entiende por BIM Wash?:

- Promover una única solución de software para satisfacer todas las necesidades de desarrollo de proyectos.

- Hacer presentaciones BIM y revisar el trabajo de otros cuando uno no tiene una comprensión práctica de las herramientas y técnicas.
- Generar informes engañosos y crear imágenes que parecen creadas con herramientas BIM y, presentarlas con la intención de enmascarar la capacidad real de estos promotores de administrar datos o la representación gráfica en BIM.
- Decir que se puede proporcionar servicios BIM sin primero demostrar las capacidades en una sesión práctica, demostración de uso o algunos ejemplos aplicados.

Los propietarios son con frecuencia la víctima de esta práctica, y algunas veces el daño es auto infligido por el deseo de introducir cambios sin un proceso de transformación emocional y cultural. Esto se debe a que el BIM se ha popularizado con escaso conocimiento, los clientes demandan el BIM sin ellos saber cómo expresar adecuadamente sus necesidades. Los expertos autodidactas que venden una visión equivocada del BIM, que muestra un enfoque sofisticado que requiere una capacitación y experiencia significativa, y generan mayor confusión (F JERNIGAN & BORDENARO, 2017).

#### 4.1. Nuevo proceso

Las implantaciones exitosas del BIM ocurren de arriba a abajo. Numerosos directivos han visto el cambio al BIM como algo carente de importancia estratégica, insistiendo en impulsar la implementación de este de una manera muy parecida a una actualización importante de software. Para su disgusto, descubren que el proceso no está cumpliendo sus expectativas. La mayoría de los que se acercaron al BIM de esta manera, se encuentran inmersos en cambios disruptivos recurrentes de ida y vuelta, en los procesos de trabajo y entrenamiento, incluso después de años de pruebas, con una enorme pérdida de inercia y a un coste significativo.

Las personas y los equipos, orientados hacia la tecnología, son críticos con el Big-BIM. Pero para llevar a cabo esto en un entorno Big-BIM, también son necesarias las habilidades personales, el agente de cambio. El proceso no es sobre tecnología, es sobre las personas. Facilitar la acción es la clave... no la tecnología. Se trata de reunir a las personas en flujos de trabajo conectados para crear mejores proyectos y en consecuencia clientes más satisfechos. La necesidad de innovar y el ritmo del cambio imponen más que nunca, la necesidad de una participación estratégica de más alto nivel. El objetivo es utilizar la tecnología para localizar y resolver los problemas o identificarlos antes de que sucedan.

Hasta hace poco, los gestores CAD (y posiblemente los gestores BIM) eran críticos para administrar la complejidad. Esta noción está a punto de desaparecer. El enfoque de la tecnología de la industria 4.0, está alejándose cada vez más de los estándares altamente complejos y los convencionalismos de las jerarquías organizadas. Tales enfoques que son el sello distintivo de los sistemas de ayer, están encaminados hacia la transparencia para los usuarios y conectados a las herramientas del mañana.

Los procesos conectados que utilizan BIM son una función empresarial básica que requiere de un liderazgo a nivel ejecutivo. Necesitan personas que sean decisivas en su organización. De lo contrario no obtendrá los resultados esperados (F JERNIGAN & BORDENARO, 2017).

El Big-BIM se basa en herramientas que cumplen con los estándares conocidos, pero son fáciles de usar. Las personas abiertas y con capacidad para interactuar con múltiples aplicaciones y disciplinas, son el nuevo estándar para prosperar en este entorno. Los usuarios interactúan con la información crítica, lo que les permite tomar decisiones sin necesidad de experimentar la complejidad que subyace al proceso tradicional. El control de lo complejo resulta directo, eludiendo la necesidad de intermediarios expertos y comprendiendo el contexto de forma esencial. Un aspecto a tener en cuenta al organizar a los equipos de trabajo en este tipo de entornos.

## 4.2. Deporte de equipo

La escala y el alcance de los problemas en el mundo de la construcción son enormes. En gran parte esto es debido a que abarcan un contexto más grande que el propio diseño o la construcción tradicionales. El nivel de experiencia requerido está superando la capacidad de adaptación del individuo u organización habitual. Para responder a estas demandas, los proyectos actuales habitualmente incluyen a uno o varios expertos y especialistas. Aprovechar el talento experto ha sido siempre una herramienta para abrir nuevos mercados y desarrollar nuevos conocimientos, aunque a menudo, los expertos provienen de disciplinas con poca conexión con los códigos internos de la industria de la construcción.

Pero, en numerosos casos, sus prácticas de trabajo son difíciles de incorporar, por lo general debido a la falta de confianza o de lo que se espera de ellos. Algunos tienen poca o ninguna experiencia en consultoría. Estos expertos requieren apoyo y la cultura adecuada para ayudarlos a integrarse en el nuevo proceso conectado. Sin ese apoyo, se puede, con la mejor intención posible, socavar incluso los mejores objetivos de un proyecto. Se necesita, por lo tanto, la voluntad para cambiar los procesos comerciales costumbristas o de diseño, el compromiso de adoptar las nuevas tecnologías y un alto nivel de responsabilidad, es decir, un liderazgo real.

## 4.3. Comunicación + Tecnología = Confianza

El correo electrónico, los SMS, los tweets y las redes sociales son esenciales. Las redes sociales conectan el trabajo a las redes personales, y la nube con nuestros dispositivos móviles y ordenadores. Las copias impresas ya poseen sus contrapartidas digitales, gracias a estas tecnologías. El objetivo de todas ellas es generar confianza, simplificar las comunicaciones, minimizar los errores y mantener a todos actualizados. La velocidad y frecuencia de las comunicaciones hacen que sea crítico planificar los sistemas de comunicaciones (Figura-03).

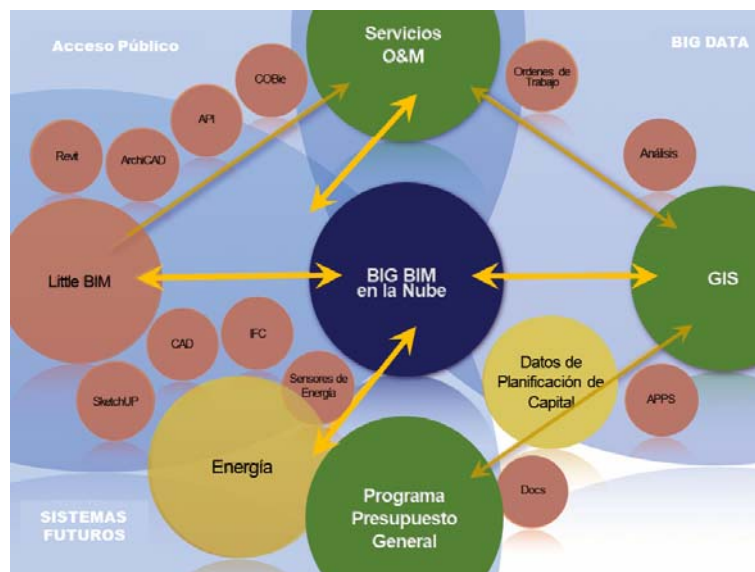


Figura-03 Big-BIM como ecosistema de conexiones sencillas Según Finith Jernigan, 2017

No existe una normativa de comunicación que funcione igual para todos los profesionales y para todas las organizaciones. Los sistemas de comunicación deben adaptarse eficazmente a todos por igual. De igual modo, las herramientas de comunicación móviles, las videoconferencias, el uso compartido de pantallas, los seminarios web y otras tecnologías, deben entrar en el juego. Cada una tiene su lugar pero, es necesario incluirlos en un todo de forma que aumente la transparencia y la confianza (F JERNIGAN & BORDENARO, 2017).

## 5. Conclusiones

- 1- El sector de la edificación y mantenimiento de edificios conservan intactas sus actividades de gestión costumbristas. Estas formas deficientes son insostenibles e inadmisibles en un mundo conectado. Se requiere un cambio cultural profundo apoyado por un sistema educativo basado en el aprendizaje continuo, el trabajo colaborativo y la investigación basada en problemas del mundo real.
- 2- Los futuros profesionales de la edificación deben recurrir a un pensamiento estratégico que les ayude a hacer frente a cuatro tipos de problemas: locales, complicados, complejos y perversos. Los procesos tradicionales de entrega de proyectos basados en una cooperación mínima, falta de transparencia y escasa información sobre las actividades en proceso, desperdicia en cada paso todo tipo de recursos y aumenta exponencialmente la cadena de errores.
- 3- Las profesionales poseen poco tiempo para comprender la complejidad de las herramientas BIM. Las nuevas generaciones de herramientas de mayor sofisticación, agrava el problema de integración del BIM para la mayoría de ellos. Los fabricantes de software deben apostar por la interoperabilidad de aplicaciones sencillas fáciles de aprender y usar.
- 4- La metodología BIM tiene como fin ayudar a los profesionales a gestionar los cambios organizacionales necesarios para mejorar la sostenibilidad y la resiliencia de los ecosistemas humanos. La visualización de datos sobre cualquier componente construido proporciona datos valiosos que permiten a los responsables de gestión del entorno construido tomar decisiones consensuadas sobre problemas complejos. Las personas y las comunidades necesitan comprender el impacto de sus decisiones, con suficiente profundidad para permitir las conexiones con ecosistemas de mayor tamaño.
- 5- Muchas personas necesitan comprender qué es el BIM como recurso tecnológico, creemos que la mejor forma de hacerlo es identificando lo que no es BIM:
  - No es Un modelo de construcción único, los modelos pueden tomar muchas formas mientras mantienen relaciones y permiten extraer y compartir información.
  - No es una aplicación específica o CAD paramétrico.
  - No es un sistema libre de errores, el volumen de errores crece con cada revisión humana del proyecto.
  - Una aplicación 3D integrada, se puede llevar a cabo con una hoja de cálculo.
  - No es algoritmos de Inteligencia Artificial que automatizan las tareas y eliminan participación humana.
  - No es un estándar global único, ningún estándar o enfoque único es capaz de cubrir todos los detalles.

## 6. Referencias

- DUNCAN, W. (2006). Seis grados de separación. La ciencia de las redes en la era del acceso. México: Paidós.
- DWECK, C. S. (2007). La actitud del éxito. VERGARA (SELLO).
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Building (Vol. 2).
- ERICSSON, A., & POOL, R. (2017). Número uno: secretos para ser el mejor en lo que nos propongamos. Conecta.
- JERNIGAN, F. (2007). BIG BIM little BIM. The Practical Approach to Building.
- JERNIGAN, F., & BORDENARO, M. (2017). BIG BIM 40. 4SITE Press.
- Prensky, M. (2011). Enseñar a Nativos Digitales. Madrid: Ediciones SM.
- ROBINSON, K., & ARONICA, L. (2015). Escuelas creativas: La Revolucin Que Está Transformando La Educacin. DEBOLSILLO.
- SUCCAR, B. (2011). BIM ThinkSpace: Episode 16: Understanding BIM Wash. Retrieved February 28, 2018, from <http://www.BIMthinkspace.com/2011/06/episode-16-understanding-BIM-wash.html>

## Trabajos colaborativos BIM en enseñanza de grado

**Agulló-deRueda, José<sup>a</sup>; Jurado-Egea, José<sup>b</sup>; Inglés-Gosalbez, Beatriz<sup>c</sup>**

<sup>a</sup>Universidad Europea de Madrid-Estructuras, [jose.agullo@universidadeuropea.es](mailto:jose.agullo@universidadeuropea.es), <sup>b</sup>Universidad Europea de Madrid-Construcción, [jose.jurado@universidadeuropea.es](mailto:jose.jurado@universidadeuropea.es), <sup>c</sup>Universidad Europea de Madrid-Instalaciones, [beatriz.ingles@universidadeuropea.es](mailto:beatriz.ingles@universidadeuropea.es),

---

### Abstract

*After the BIM implementation in specific subjects and increased individual use of BIM by students in transversal subjects, in the UEM School of Architecture, Engineering and Design (AED) we felt the need to teach students on how to work with BIM developing a project in a collaborative environment (PBL), in broader groups (15 to 25) organised by disciplines and during a short period of time (4 to 6 weeks).*

*This approach was implemented in order to participate in the BIM Valladolid Competition of 2016, as a first experience with UCLM and a few BIM professionals on June 2016. Afterwards, we applied this format on bachelor's students and implemented the three following editions in February 2017, May 2017 and February 2018.*

*In this paper we will describe the development of these three editions, their organization, time schedule, milestones, software used, goals, achievements and fails. The first editions were elective for students as a complementary activity in specific technical subjects, but the third was conceived as an compulsory academic activity in a transversal core subject. The learning outcomes confirm that students learn to work in a collaborative environment, to communicate and coordinate with others, enhancing their skills in BIM software and workflows.*

**Keywords:** formation, bachelor, colaborative, methodology, software, Madrid, UEM, PBL

---

### Resumen

*Tras la implantación del uso del BIM en asignaturas específicas y tras el creciente uso del BIM individualmente por los alumnos en asignaturas transversales, en la Escuela de Arquitectura de la UEM se plantea la necesidad de enseñar a los alumnos a usar BIM en modo colaborativo en grupos amplios (15-25) divididos por disciplinas y trabajando sobre un proyecto común (PBL) en un tiempo corto.*

*Este planteamiento se concreta con intención de presentarnos al Concurso BIM Valladolid 2016 y se hace una experiencia piloto con la UCLM y profesionales en junio de 2016. A partir de ahí se orienta a los alumnos de grado sin experiencia profesional y se experimenta en tres ediciones: febrero 2017, mayo 2017 y febrero 2018.*

*En este artículo se explicará el desarrollo de las tres ediciones, la organización, el calendario y los hitos, el software utilizado, las expectativas, los logros y los fracasos. Las dos primeras ediciones se realizan como optativa en paralelo a asignaturas específicas pero en la tercera edición se incluye como actividad académica en una asignatura transversal. El alumno aprende a trabajar colaborativo, a comunicarse y exigirse con otras personas y a utilizar software y metodologías de trabajo BIM.*

**Palabras clave:** formación, grado, colaborativo, metodología, software, Madrid, UEM, PBL

---

## Introducción

La evolución del uso del BIM en nuestra Escuela de Arquitectura hasta el curso 2015-16 había pasado ya por la enseñanza gratuita de los software más relevantes, por las charlas demostrativas y evangelizadoras, por el uso en asignaturas específicas y los alumnos lo estaban utilizando ya en el desarrollo de sus proyectos de tecnología e incluso en algunos fines de grado y master, pero a modo personal [1] [2] [3].

En ese momento nos pareció interesante hacer un experimento de trabajo colaborativo uniendo lo que se daba en las diferentes asignaturas por separado y explorar las sinergias y dificultades inherentes [4] [5]. Nos pareció motivador que el objetivo fuera presentarnos al concurso BIM-Valladolid cuya propuesta de trabajo nos parecía muy interesante. Nos comunicamos con las Universidades de La Coruña (José Vázquez) y Castilla La Mancha (Francisco Castilla) y finalmente hicimos una experiencia piloto con estos últimos en nuestro campus en junio de 2016.

La experiencia fue muy interesante desde muchos puntos de vista, pero para el aprendizaje de los alumnos de grado no nos pareció satisfactoria. En un grupo de trabajo tan amplio, en los que casi todos los miembros son profesionales que tienen muy claro que hacer, el alumno de grado se encuentra perdido y no sabe que pieza del puzle le toca ser. La velocidad de toma de decisiones que tiene un profesional no la tiene un alumno de grado para el que cualquier decisión es algo nuevo que le ofrece inmensas dudas. Vimos claro que había que adaptar el formato para que fuera útil.

### 1. La tres ediciones del Trabajo de Flujo BIM

Con lo aprendido en el experimento con la UCLM organizamos los Trabajos de Flujo BIM, orientados a alumnos de grado y organizados por el ClubBIM.



Fig. 1 Trabajo semanal por grupos. 2ª Edición

#### 1.1. Primer Trabajo de Flujo BIM en febrero de 2017

La actividad era optativa pero aportaba nota extra en las asignaturas de Sistemas Técnicos (de 4º y 5º. Asignatura aglutinadora de las tres tecnologías; construcción, estructuras e instalaciones), Análisis de Estructuras (de 2º) e Instalaciones (de 2º). Se inscribieron 19 alumnos de los que el 47% ya utilizaba algún programa de modelado BIM. Se realizó en 4 semanas dedicando 3-4h a reunirse y trabajar en el aula y se utilizó finalmente Revit, Cype-instalaciones, Tricalc, Sketchup, Design Builder y TCQ, dado que en inicio se dio libertad para el uso de software.

La escasez de tiempo y la libertad en el software creó muchas dificultades a los alumnos, el 85% no sabían utilizar al inicio el propio software. Los alumnos no acabaron de tener claro la tarea que les correspondía ni

personalmente ni por grupo. Las reuniones fueron poco efectivas porque a los alumnos les costaba salir de su trabajo personal. Hubo muchos problemas geométricos y de falta o duplicado de modelado de elementos entre modelos y no se llegó a una documentación final. El coordinador no consiguió aportar los criterios geométricos básicos ni aglutinar la atención y flujo de trabajo en las reuniones.

Tabla 1. Datos de la Primera edición

Grupo	Nº alumnos	Software
Interiores	3	SketchUp
Envolventes	3	Revit
Instalaciones	3	Cype
Estructuras	3	Tricalc
Costes	2	TCQ
Energía	2	Design Builder
Control geometría	1	Revit
Función	1	-
Coordinación	1	Tekla BIMsight

Tabla 2. Profesores implicados en la Primera edición

Profesor	Especialidad
José Agulló	Estructuras
José Jurado	Construcción
Beatriz Inglés	Energía-Instalaciones
Susana Moreno	Construcción

## 1.2. Segundo Trabajo de Flujo BIM en mayo de 2017

Se continúa con el perfil optativo con nota extra en Sistemas Técnicos (de 4º y 5º), Taller Integrado de Proyectos de Tecnología (de 5º. Asignatura común de Proyectos y Construcción), Sostenibilidad en el entorno construido (de 5º) y Dimensionado de estructuras (de 3º). Se inscriben de nuevo 19 (solo un alumno repite) y ya el 58% utiliza algún programa de modelado BIM. Se aumenta el tiempo en 5 semanas y además se dedica un día previo para dar las nociones básicas de los programas que esta vez han sido fijados en función de los profesores que colaboran: Revit, Archicad, Cype-Instalaciones y Estructuras, Dialux, Design Builder, TCQ y Tekla BimSight.

Se mejora en productividad y entendimiento entre grupos y se llega a un modelo con todas las disciplinas aunque también con errores geométricos. Siguen sin ser útiles las reuniones porque cuesta sacar a los alumnos del trabajo de grupo y el tiempo, aunque aumentado, sigue reduciéndose prácticamente al dedicado en clase y muy dedicado a problemas particulares de software. Aunque se había dado una lista exhaustiva de lo que tenía que hacer cada grupo y cada miembro cada semana, se desentienden bastante de ello y el coordinador, como compañero suyo, no siente la potestad para obligarles.

Tabla 3. Datos de la Segunda edición

Grupo	Nº alumnos	Software
Interiores	3	Archicad
Envolventes	3	Revit
Instalaciones	2	Cype
Iluminación	1	Dialux
Estructuras	2+2	Cype
Costes	1	TCQ
Energía	2	Ecotec
Coordinación	1	Tekla BIMsight

Tabla 4. Profesores implicados en la Segunda edición

Profesor	Especialidad
José Agulló	Estructuras
José Jurado	Construcción
Fco Javier Avilés	Energía-Instalaciones
Yago Becerra	Construcción
Fco Javier Espejo	Iluminación
Jesús Hierro	Estructuras

### 1.3. Tercer Trabajo de Flujo BIM en febrero-marzo de 2018

Es la edición que incluye los cambios más profundos. El Trabajo pasa a ser parte de la asignatura de Sistemas Técnicos II (de 5º) y se dedica una hora y media de clase exclusivamente a las reuniones de coordinación. El resto del trabajo lo realizan los alumnos fuera del aula al igual que las consultas de software. Se inscriben 11 alumnos entre los que se encuentran 2 alumnas de grado voluntarias y 2 estudiantes del Curso de Postgrado BIM a los que se les ha propuesto el Trabajo. Hay algún alumno más que participa virtualmente pero su rendimiento no ha quedado claro. El tiempo se aumenta a 6 semanas y de nuevo se marcan unas tareas semanales por grupo y las entregas y formatos correspondientes. El software se fijó acorde a los profesores participantes y se acota en aras de un adecuado flujo entre ellos: Revit, Archicad, Sketchup, Tricalc, Cype-Instalaciones, Ecotect y Tekla BimSight. Puntualmente se usó SimpleBim y el grupo de coordinación trató de que se usase el formato BCF, con resultados aceptables.

Este trabajo se desarrolla en paralelo con la Universidad INTI de Malasia que desarrolla el mismo proyecto, pero con herramientas y sistema de trabajo diferente. Cuando se presenten los trabajos finales de cada Universidad se realizará una comparativa.

Esta vez los resultados a nivel de BIM y de Proyecto han sido muy superiores. Se ha llegado a realizar la documentación básica, a disponer de un modelo de todas las disciplinas (casi) bien coordinado geométricamente y se ha insistido mucho en la transferencia y uso de los datos de los propios modelos y no solo en la geometría. Las reuniones semanales presenciales de coordinación han resultado vitales para la buena coordinación del trabajo y los alumnos han estado muy centrados en ellas, realizando el trabajo de modelado y documentación del grupo por su cuenta. En las reuniones se mostraba el trabajo realizado y se comentaban los logros y problemas, primero los profesores, luego coordinación y el resto de los grupos. La respuesta en estas sesiones era de conjunto y ayuda, mostrando lo que es el trabajo colaborativo.

Tabla 5. Datos de la Tercera edición

Grupo	Nº alumnos	Software
Interiores	2	SketcUp
Envolventes	2	Revit
Instalaciones	2	Cype
Iluminación	1	Cypelux
Estructuras	1	Tricalc
Energía	2	Cype
Coordinación	2	Tekla BIMsight / Archicad

Tabla 6. Profesores implicados en la Tercera edición

Profesor	Especialidad
José Agulló	Estructuras
José Jurado	Construcción
Beatriz Inglés	Energía-Instalaciones

## 2. Organización

Se elige un edificio ya construido como referencia de trabajo, se aporta la documentación a nivel de Proyecto Básico y se pide que se desarrolle hasta nivel de Proyecto de Ejecución. Se forman varios grupos de diferentes disciplinas donde se anotan los objetivos que deben desarrollar cada semana y se pide a los alumnos que elijan grupos por orden de preferencia. Se asignan los estudiantes a los grupos y se empieza a trabajar.

Durante las semanas que dura el trabajo, se va pasando siempre por los mismos hitos:

- **Diseño**, donde de manera manual se hace el diseño de cada grupo con croquis, predimensionados, etc. El objetivo es pensar antes de trabajar.
- **Modelado básico**, donde se hace un primer modelo muy sencillo con el diseño previo. El objetivo es disponer ya de una primera versión de cada disciplina para componer un primer modelo federado y ver problemas sobre todo de posición y rotación de los modelos.
- **Simulación**, donde cada grupo utiliza el modelo para hacer la simulación que le corresponde. El objetivo es usar el modelo más allá de su geometría.
- **Modelado definitivo**, donde se recogen los cambios en el modelo que resulten de la simulación.
- **Documentación**, donde cada grupo debe preparar la documentación gráfica y escrita que explique y avale su trabajo.

### 2.1. Los objetivos

Los Trabajos de Flujo BIM se organizan con varios objetivos docentes y otros no estrictamente docentes. Desde el punto de vista docente son los siguientes:

- Que los alumnos aprendan y participen en un simulacro de realización de un proyecto de ejecución, seguramente la primera vez que lo vean en su carrera.
- Que aprendan a trabajar en modo colaborativo con otras personas que participan en el mismo Proyecto pero con objetivos diferentes. Que aprendan a comunicarse y a dar a entender sus criterios técnicos.
- Qué entiendan que BIM, y todas las herramientas de software que lo acompañan, es una forma de trabajar en colaborativo.

- Qué aprendan a usar alguna de las herramientas del entorno BIM que se les facilitan o que mejoren su conocimiento si ya sabían usarla.
- Saber cómo los alumnos se desenvuelven en entornos colaborativos.

Desde el punto de vista no docente a los profesores nos sirve para:

- Probar las capacidades de los diferentes softwares.
- Probar la interoperabilidad de las diferentes herramientas de software.

## 2.2. Los grupos

Los grupos se han ido modificando a lo largo de las tres ediciones y dependen en gran medida de las asignaturas y profesores que se han involucrado. Normalmente se incorporan: Arquitectura (con Envolventes e Interiores con cierta interrelación), Estructuras, Instalaciones (redes de agua y saneamiento), Energía (evaluación del comportamiento pasivo del edificio y aportación de la climatización convencional necesaria) e Iluminación (vinculado a Instalaciones y Energía, y asociado a Interiores).

En las dos primeras ediciones se establecieron unos grupos de “áreas” que eran los responsables de modelado de las principales disciplinas y unos grupos de “evaluación” que se encargaban de simular el modelo de las anteriores. Y por encima de ambas el grupo de “coordinación”. En la tercera edición se han eliminado los grupos de “evaluación” porque complican aún más la comunicación entre grupos y actualmente cada grupo se encarga de la simulación de su modelo.

A cada grupo se le asignan unas tareas y unas entregas semanales con especificación del formato de entrega (IFC, PDF, etc.). En la primera edición se marcaron unas tareas muy genéricas pero en la segunda y tercera se ha indicado semana a semana lo que cada grupo tienen que hacer internamente, lo que debe entregar para usarlo los demás grupos y lo que debería recibir de los otros grupos para desarrollar el trabajo semanal. Aún con todas las tareas y entregas y formatos explicados muchos grupos se despistaban semanalmente.

TRABAJO Y RESPONSABILIDADES

**GRUPO ESTRUCTURAS: Tareas de cada SEMANA y por orden de prioridad.**

Semana	Trabajo	Entrega Domingos a las 23:59
1	1. DISEÑO ESTRUCTURAL. Croquis en planta y sección con posición y dirección elementos: forjados, pilares, vigas y arriostramientos. 2. PREDIMENSIONADO. Tipologías y predimensionado de todos los elementos. Idea geométrica de los encuentros entre elementos estructurales.	Croquis estructura, predimensionado y detalles en [IPO].
2	1. MODELO INICIAL. Modelo inicial. Geometría de la estructura con el predimensionado de todos los elementos.	Modelo INICIAL en [IFC].
3	1. MODELO ANALÍTICO. Modelo en el programa de cálculo partiendo del modelo inicial. Repaso de geometría. Comprobación de apoyos, uniones e introducción de cargas. 2. EVALUACIÓN DE CARGAS. Cuadros de cargas con desglose de capas y pesos.	Cuadro de cargas en [PDF].
4	1. CÁLCULO. Cálculo de los elementos estructurales. Chequeo de la deformada. Esfuerzos y desplazamientos. Comprobación del dimensionado de los elementos. Armado de los elementos de hormigón. 2. MODELO FINAL. Actualización del modelo geométrico con los cambios de dimensiones tras los cálculos estructurales.	Modelo FINAL en [IFC].
5	1. AJUSTE MODELO. Según las revisiones realizadas «DESDE GRUPO COORDINACIÓN». 2. PLANOS INICIALES. De plantas, secciones y despiece de los elementos de la estructura. Detalles del modelo, cad o mano alzada. 3. DETALLES. Detalles de encuentro entre todos los elementos de la estructura y geometría básica de la estructura con el resto de áreas.	Planos en [PDF]. Modelo ENTREGA [IFC].
6	1. PLANOS FINALES. De plantas, secciones y despiece de los elementos de la estructura. Detalles del modelo, cad o mano alzada. 2. MEMORIA. Explicación, justificación de la solución estructural, montaje de la información proveniente del cálculo.	Memoria en [PDF]. Planos en [PDF].

Fig.2 Tareas semanales de cada grupo. 3ª Edición

## 2.3. Los tiempos

Los tiempos razonables mínimos están en torno a 6 semanas: la semana 1ª dedicada al diseño, la 2ª al modelado básico para poder hacer un primer federado, las semanas 3ª y 4ª se destinan a la simulación y las dos últimas semanas, la 5ª y 6ª, se asignan a preparar la documentación. En las dos primeras ediciones que solo se dejaron 4-5 semanas el tiempo es demasiado justo.

La primera semana solo de diseño con el uso de croquis es importante para entender que lo primero es un buen diseño consensuado antes de entrar en una definición más precisa. Si el proyecto no estuviera tan desarrollado esta fase debería crecer en tiempo. El modelo que empieza a desarrollarse en la segunda

semana realmente se va completando casi hasta la última semana. Las simulaciones requieren de esas dos semanas y en algunos grupos se ha ido el tiempo por problemas con el software. Por último la documentación es un proceso rápido si el modelo está correcto, y en la tercera edición algunos grupos lo hicieron solo en la última semana aunque el resultado no es todavía muy profesional.



Fig.3 Organización semanal. 3ª Edición

## 2.4. Los edificios de partida

En cada edición se ha elegido un edificio diferente. En el primero (Oficinas Götz en Würzburgo de Martin Weblar y Garnet Geissler, 1995) buscamos la sencillez, pero en un tamaño relativamente grande. En el segundo (Vivienda para artesanos de Le Corbusier, 1920) redujimos drásticamente el tamaño pensando que ello conllevaba más facilidad. Finalmente, en el tercero (Colegio Rincón Añoreta de Ramón Araujo, 1980) hemos vuelto a un tamaño intermedio, sencillo y con información técnica suficiente. El uso de cada edificio viene asociado siempre a la temática del curso de Sistemas Técnicos (oficinas, vivienda y docente respectivamente en cada curso).

Nos hemos dado cuenta de que para desarrollar los objetivos que buscamos necesitamos un edificio de dimensiones intermedias, pero que la dificultad real radica en la complejidad geométrica y diversidad excesiva de materiales y/o tipos constructivos más que en el tamaño del edificio.

## 3. El software

El software utilizado es básicamente el disponible en versiones gratuitas, educacionales y las instaladas en laboratorios informáticos de la Universidad Europea de Madrid en su campus de Villaviciosa de Odón. Se intenta también fomentar el uso de software en la nube (MyLabs en su nomenclatura UEM) aunque los alumnos suelen tener problemas de organización y localización de archivos, y las versiones son de inicio del curso académico y no se actualizan hasta el siguiente y algunas veces se producen problemas de red o de número de licencias (si hay muchos alumnos conectados al mismo software).

En cualquier caso, se ha tratado de utilizar todo el software disponible para detectar al máximo problemas de interoperabilidad entre ellos y siempre tratando que alguno de los profesores participantes tenga conocimiento de él.

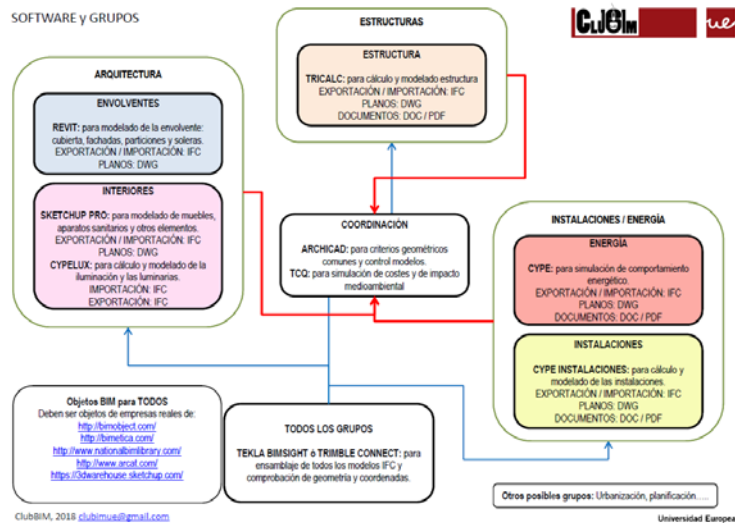


Fig.4 Organización de grupos y software. 3ª Edición

Las experiencias más significativas con el software fueron las siguientes:

### 3.1. SkecthUp

Siendo un programa muy rápido y fácil de aprender exporta archivos IFC de un tamaño elevadísimo, del orden de 200Mb, unas 50 veces más que los otros software para un mismo orden de datos. Entran serias dudas de utilizarlo de nuevo ante las dificultades que ello conlleva porque ha obligado a hacer archivos independientes por plantas y a tratar de reducir el tamaño de los objetos con Rhino, con poco éxito.

### 3.2. Gestores/Visores BIM

Los programas habituales de gestión (TeklaBIMsight, Trimble Connect, A360, Solibri, etc.) gestionan muy bien las listas de interferencias y la federación de modelos, pero no habilitan para sacar planos donde se puedan etiquetar y acotar elementos. Se ha recurrido a modeladores arquitectónicos (Archicad en la 3ª edición y Revit de manera no oficial en la 2ª) para obtener esta información de secciones acotadas y confirmación de datos importados de los diferentes IFC.

### 3.3. Los programas del entorno Cype

Frente a la amplitud de temas que cubren, tienen muchos problemas de comunicación en el entorno BIM. Por un lado, la exportación en IFC4, tanto *Reference View* como *Design Transfer View*, da problemas en la descripción de los límites de recintos al no estar incluidos. Esta prueba se hizo con y sin la familia de muros cortina, dando idénticos resultados de error, aunque en el IFC4 Reference View solo visualiza el muro cortina, y el IFC4 Design Transfer visualiza todo el modelo.

Se intentó la opción de generar el IFC desde el plug-in OpenBIM de Cype, pero también da los problemas de límites de recintos en CypeTherm Loads. En Cypetherm HVAC detecta el error pero autogenera los recintos con una geometría acertada, las cargas hay que meterlas a mano al no generarse en Cypetherm Loads. Tampoco afecta a la parte de Cype plumbing y Cypelux.

Se importa el IFC en IFCbuilder de Cype. Tiene errores geométricos que se editan y completan en IFCbuilder y se remodelan todos los recintos. Algunas familias no las interpreta correctamente, como los muros cortina.

### 3.4. Design Builder y Ecotect

Desde la versión 2017 de Revit, el plug-in de Design Builder para su operatividad correcta dejó de funcionar. Por esta razón en esta edición del trabajo se decidió dejar de trabajar con este programa que en ediciones anteriores si se contaba con él. Por tanto quedaba sin cubrir la simulación pasiva del edificio. Se optó en usar el Ecotect ya que este lee formatos de archivos XML y sinceramente no se tenían grandes perspectivas.

Se exportó en formato XML directamente desde Revit de dos maneras: usando configuración de energía o usando volúmenes de espacio de habitación/espacio. Las dos opciones no son leídas directamente por el Ecotect, pero se usó un programa de conversión UTF que cancela el proceso señalado como error omitiendo o reemplazando los caracteres mal formados.

Ambas opciones son importadas por el Ecotect pero la opción que usa la configuración de energía no cierra las zonas correctamente. La opción que usa los volúmenes de espacio de habitación/espacio funciona correctamente sin problemas, pero los materiales hay que volverlos a introducir.

Hay que tener en cuenta que el flujo es en un solo sentido y lo importado es solo geometría.

### 3.5. Tricalc

Es un software con buena comunicación BIM pero es un programa de simulación estructural y no tiene versatilidad en el manejo de la geometría. Es necesario retocar el modelo IFC para hacerlo realista si se utiliza directamente su modelo geométrico sin reelaborar por un software de modelado.

### 3.6. TCQ

Elegido frente a Presto o Arquímedes por su relación con IFC, el proceso de trabajo con él ha sido estudiado y probado pero desgraciadamente no se ha llegado a realizar un presupuesto final completo por falta de tiempo.

## 4. Resultados

Tras tres ediciones del Trabajo de Flujo BIM los resultados obtenidos los hemos enfocado desde tres puntos de vista; los relativos al aprendizaje de los alumnos de grado, los relativos al resultado del trabajo realizado y los relativos al aprendizaje de la metodología BIM, tanto por los alumnos como por los profesores.

Al final de cada edición se prepara una encuesta (Google Forms) con unos ítems similares que nos permiten evaluar las opiniones de los alumnos y otros aspectos generales. Los resultados de cada edición ayudan a sacar conclusiones y a mejorar la edición siguiente.

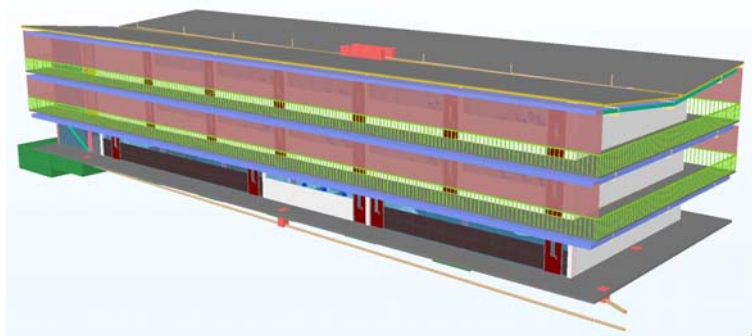


Fig. 5 Modelo federado en TeklaBIMsight. 3ª Edición

#### 4.1 Sobre el aprendizaje de los alumnos

Algunas son las percibidas por los profesores sobre lo aprendido por los alumnos, pero otras provienen de las encuestas pasadas al terminar las tres ediciones del Trabajo.

Fortalezas:

- Los estudiantes valoran positivamente la experiencia de un flujo de trabajo complejo similar al de su futuro profesional.
- Los alumnos se distribuyen en grupos de trabajo. En un principio esta separación optativa se produjo por la atracción que cada alumno sentía hacia un tema. Ya en la primera semana se dieron cuenta de las necesidades y pronto se produjo una separación por fortalezas. En este momento comenzaron a comportarse como profesionales especializados en una misma dirección.
- Se fomenta el Aprendizaje Integrado dadas las sinergias e interferencias constantes entre las diferentes áreas técnicas y el propio plan arquitectónico.
- La combinación entre trabajo autónomo y trabajo en equipo permite un ajuste personal de cada estudiante y permite un desarrollo optimizado de múltiples Competencias Transversales: Aplicación práctica de conocimientos, Análisis y síntesis a través de la simulación de comportamiento técnico, Toma de decisiones, Solución de problemas y Planificación y organización.
- La incorporación de estudiantes voluntarios de Postgrado al grupo base de Grado en la 3ª edición ha incorporado madurez en el análisis de problemas y la sistemática de trabajo, más operativa y beneficiosa que la incorporación de profesionales BIM.

Debilidades:

- El estudiante en general tiende a realizar solo su parte del trabajo y el aprendizaje integrado se produce solo en las reuniones de coordinación y los puntos aislados de colisión con otros equipos. La tendencia personal a realizar un estudio autónomo del estado del conjunto (unir los diferentes IFC con visores BIM o software propio) es escaso.
- El grado de aprendizaje depende en gran medida de la implicación del estudiante ya que resulta fácil esconderse detrás de problemas técnicos (conocimiento de la herramienta, instalación de la herramienta, hardware disponible, conexión a internet, etc.)
- La complejidad del proyecto y entorno de software elegido debe adaptarse para equilibrar realismo y dificultad con un esfuerzo razonable y cierta percepción de logro final que promuevan la continuidad e implicación (relación beneficio formativo y esfuerzo realizado).

#### 4.2 Sobre el resultado del proyecto

El resultado del trabajo se hace comparando con lo que debería haber sido el resultado de un trabajo profesional. Los resultados finalmente dependen en mayor medida del hecho de trabajar con el perfil de estudiantes de grado que debido al propio sistema de Trabajo en BIM:

- Solo en la tercera edición se llegó a la documentación gráfica del proyecto y no todos los grupos entregaron una documentación decente. La focalización en el modelo hace perder de vista que, hoy en día, es necesario sacar una documentación en formato tradicional imprimible. Es necesario que los alumnos tengan un tiempo para documentar que solo lo hemos dado en la tercera edición.
- Hay errores de coordinación geométrica entre los diferentes modelos incluso hasta en la última entrega. El principal problema es que pocos grupos hacen el esfuerzo de ver el resto del modelo, normalmente se centran solo en su modelo y es necesario darles las herramientas de visualización necesarias para que lo puedan comprobar. El Segundo problema es que algunos grupos inician su modelo sin tener en cuenta el punto de origen (0,0,0), ni la adecuación a los ejes acordados.
- Hay errores en la información indicada en cada elemento. Por un lado es problema de algunos software que no incluyen los datos necesarios ni siquiera en el nombre del elemento. Por otro lado

los alumnos no son conscientes de la importancia de esto hasta que etiquetan algún elemento de otro grupo.

- Nunca se han llegado a obtener unas mediciones y un presupuesto terminados y correctos. Aunque el intento ha sido siempre arrancar las mediciones en paralelo con el resto de los trabajos, lo cierto es que hasta que el modelo federado no está terminado no es viable sacar una medición definitiva.

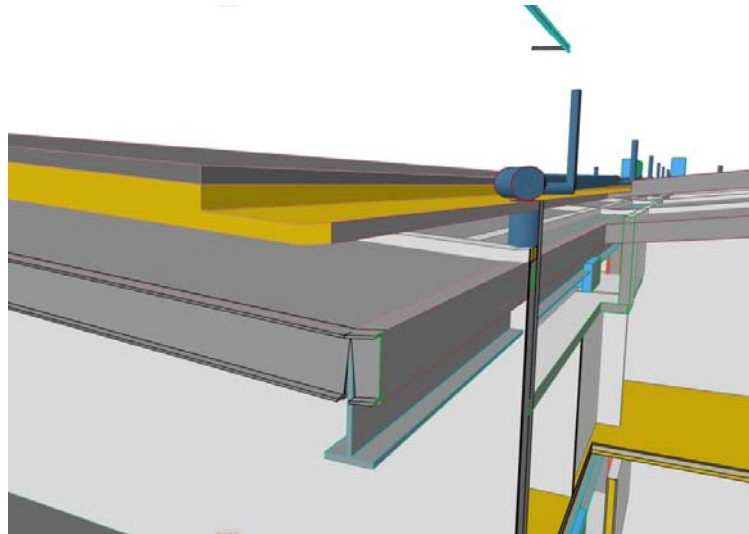


Fig. 6 Errores en el modelo. Revisión en Archicad. 3ª Edición

#### 4.3 Sobre aprendizaje del BIM

Las conclusiones consensuadas por los profesores han sido las siguientes:

- Es muy recomendable utilizar software que sea controlado por alguno de los profesores y que al menos un alumno de cada grupo tenga conocimientos de su uso.
- La operativa de software (licencias, instalación, exportación/importación básica, etc.) debe ser puesta a prueba antes del comienzo de la actividad porque produce unos retrasos y desánimos importantes.
- La interoperabilidad es muy problemática por diversos motivos. Los diferentes softwares se comunican en general de forma parcial, teniendo que volver a remodelar y definir partes del modelo. El IFC es un formato poco cómodo y no es fácilmente modificable y el principal problema es que se desconocen en profundidad los errores de comunicación con IFC que tienen los softwares.
- No se puede estar dependiendo constantemente de plugins y conversores que funcionan en unas versiones y en otras no, modificando el protocolo de trabajo en cada una de las ediciones.
- Los programas de simulación (Cype, Tricalc) tiene limitaciones como modeladores de geometría por lo que sus IFC suelen tener que ser retocados, lo que no es fácil.
- Las reuniones con todos los grupos y todos los participantes son una herramienta clave del proceso. Les permite ver los problemas de su modelo en el conjunto y vislumbrar las ventajas del BIM para localizar errores de geometría y de datos. Las reuniones tienen que ser algo significativo, independiente y donde se corrijan los errores. Es recomendable que los grupos comenten uno por uno, empezando por coordinación, pasando por los más relevantes geoméricamente (estructura y envolventes) y terminando por todos los demás.
- Es muy importante en el proceso que coordinación prepare adecuadamente la organización y los criterios geoméricos de inicio: punto de referencia absoluto (0,0,0), ejes y caras de crecimientos, elementos a modelar por cada grupo, criterios de nomenclatura y organización de archivos y plantillas de documentos y planos. Interesa que la organización de carpetas y nomenclatura de archivos habilite para la mera actualización de archivos IFC (es el archivo antiguo retirado el que se numera v2, v3, etc.) para mantener enlaces y vinculaciones activas.

## 5. Conclusiones

En suma, en los tres enfoques (aprendizaje del alumno, resultados del proyecto y aprendizaje del BIM) los resultados son muy productivos, tanto por alcanzar sus objetivos como por aflorar problemáticas que permiten preparar y enriquecer aprendizajes futuros. La conclusión fundamental, en cambio, resulta de la estrecha imbricación y sinergias entre los tres enfoques que confirma el potencial de los flujos BIM como herramienta de aprendizaje integrado en Arquitectura.

A nivel práctico y como guía para otras experiencias, indicar que requiere de una preparación minuciosa previa en cuanto a software instalado y objetivos a completar así como una implicación importante de profesores de áreas muy diversas que puedan dar soporte a los alumnos en todas las disciplinas, dado que una vez el Trabajo se pone en marcha hay poca posibilidad de reacción.

A nivel humano se observa que los alumnos están muy acostumbrados al trabajo individual incluso en carreras tradicionalmente muy colaborativas como arquitectura. El aprendizaje para trabajar en colaborativo requiere también de herramientas docentes y el BIM es hoy por hoy la herramienta más adecuada para ello.

## 6. Referencias

- [1] 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.
- [2] AGULLÓ DERUEDA, J., JURADO EGEA, J., INGLÉS GOSÁLBEZ, B. (2016). "Marco de implantación de Metodología BIM en titulación de Arquitectura" Congreso Internacional BIM / 5º encuentro de usuarios BIM. EUBIM2016. ISBN 978-84-9048-525-5. editorial Universitat Politècnica de Valencia, <http://www.eubim.com>. <http://hdl.handle.net/11268/6486>.
- [3] JURADO EGEA, José (2016). "Aprendizaje Integrado en Arquitectura con Modelos Virtuales". Tesis Doctoral. ETS Arquitectura. Univ. Politécnica de Madrid.
- [4] BOEYKENS, S., SOMER, P. De, KLEIN, R., & SAEY, R. (2013). "Experiencing BIM Collaboration in Education. Computation and Performance" Proceedings of the 31st eCAADe Conference (Vol. 2), 505–513. Retrieved from [http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Show?ecaade2013\\_103](http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Show?ecaade2013_103)
- [5] POERSCHKE, U., HOLLAND, R. J., MESSNER, J. I., & PIHLAK, M. (2010). "BIM collaboration across six disciplines The need for collaborative studios The organization of the collaborative BIM studio". Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, (Fruchter 2003).

## Cómo compartir conocimiento BIM a nivel internacional: The BIM Excellence Initiative

Roig-Segura, Víctor<sup>a</sup>; Bolpagni, Marzia<sup>b</sup>

<sup>a</sup>BIMe Initiative Core member, Gerente de BIMETRIC, vroigs@bimetriclab.com, <sup>b</sup>BIM Initiative Core member, PhD Candidate | Dpnt Architecture, Built Environment and Construction Engineering | Politecnico di Milano, marzia.bolpagni@polimi.it

---

### Abstract

*BIM Excellence Initiative (BIMe) is a non-profit initiative to generate knowledge and share efforts, driven by volunteer researchers from industry and academia. BIMe provides an alternative to authorities-led BIM diffusion policies, based on a community of experts. BIMe offers an innovative, coherent and appropriate response to the opportunities and challenges of adopting BIM in any type of organization. Several published materials are available for free including:*

- *BIMDictionary, a multilingual online tool with over 700 BIM-related terms, to improve communication and align objectives.*
- *BIM Matrix of Maturity, to identify the BIM maturity of organizations or teams, and assess the degree of implementation of current and where they would like to go, based on BIM skill sets and a BIM Maturity Index.*
- *Competence Chart, to develop modules to evaluate skills of individuals or organizations, and compare competencies of team members.*
- *List of Model Uses for identifying and comparing information requirements to be delivered as or incorporated into 3D digital models.*
- *BIM Macro Adoption Project, to help policy-makers develop and/or evaluate BIM macro diffusion policies, strategies and plans.*

**Keywords:** *competencies, dictionary, diffusion, investigation, knowledge, maturity, uses*

---

### Resumen

*BIM Excellence Initiative (BIMe) es una iniciativa sin ánimo de lucro para generar conocimiento y compartir esfuerzos, impulsada por investigadores voluntarios de la industria y la academia. BIMe proporciona una alternativa a políticas de difusión BIM dirigidas por autoridades, basada en una comunidad de expertos. BIMe ofrece una respuesta innovadora, coherente y adecuada a las oportunidades y desafíos que representa la adopción de BIM en cualquier tipo de organización. Materiales que están disponibles:*

- *BIMDictionary, herramienta multilingüe online con más de 700 términos relacionados con BIM, para mejorar la comunicación y alineación de objetivos.*
- *Matriz de Madurez BIM, para identificar la madurez BIM de organizaciones o equipos, evaluar su grado de implementación de BIM y donde les gustaría llegar, basada en Conjuntos de Capacidades BIM y un Índice de Madurez BIM.*
- *Tabla de Competencias, para desarrollar módulos para evaluar habilidades de individuos u organizaciones, y comparar competencias de miembros del equipo.*
- *Listado de Usos de Modelo para identificar y cotejar los requisitos de información que deben entregarse o incorporarse en los modelos digitales 3D.*
- *Proyecto de Macro Adopción de BIM, para ayudar a los responsables políticos a desarrollar y/o evaluar las políticas, estrategias y planes de macro difusión de BIM.*

**Palabras clave:** *competencias, conocimiento, diccionario, difusión, investigación, madurez, usos*

---

## Introducción

BIM (Building Information Modelling) es un dominio de conocimiento en expansión dentro del sector del Diseño, Construcción y Operaciones (DCO) en todo el mundo. Las amplísimas posibilidades atribuidas a BIM representan una serie de retos asumibles que han dado pie a multitud de artículos y presentaciones, si bien la mayoría de ellos se centran fundamentalmente en la explicación de los beneficios obtenidos con su aplicación, cómo actuar para poder implementar la metodología y qué actividades hay que desarrollar.

Sin embargo, existen muy pocas propuestas que analicen la metodología BIM desde un punto de vista global, definiendo un marco conceptual en base a los trabajos de investigación del mundo académico y de la industria.

Así mismo, la creciente globalización del mercado de trabajo, y en especial medida en el sector de la construcción, demanda la definición de unos marcos de trabajos, procesos de desarrollo y lenguaje de comunicación que garantice la comprensión entre todas las partes interesadas, independientemente del origen de los distintos profesionales que componen el equipo de trabajo, y permitiendo una adaptación al marco cultural en que se vaya a desarrollar el proyecto.

BIMe Initiative intenta aportar un marco conceptual desarrollado para cubrir estas necesidades, y se basa en las investigaciones publicadas por Dr. Bilal Succar y una creciente cohorte de apreciados colaboradores internacionales

### 1. Qué es BIMe Initiative

BIMe Initiative es una propuesta internacional, centrada en procesos, para mejorar el desempeño digital del sector de la construcción. A través de investigación de gran impacto, herramientas online libres y conocimiento compartido, abierto bajo licencias *Creative Commons*, se propone animar a los expertos en la materia de todo el mundo a actuar como una comunidad de conocimiento muy unida. También pretende apoyar todas aquellas iniciativas internacionales que promuevan tecnologías, procesos y políticas abiertas a través de fronteras, idiomas y disciplinas.

BIMe Initiative es *una iniciativa sin ánimo de lucro* llevada a cabo por profesionales comprometidos, tanto de la industria como del mundo académico. Lanzada en Marzo de 2017, invita a voluntarios y patrocinadores que quieran a ayudar en el desarrollo de guías consistentes y herramientas interconectadas para que libremente todas las personas interesadas las usen, adapten, localicen y mejoren continuamente.

#### 1.1. Principios generales de BIMe Initiative

BIMe Initiative se basa en los siguientes principios generales:

- Crecimiento alrededor de una estructura de conocimiento.  
BIMe Initiative se basa en una estructura clara para recopilar y organizar el conocimiento. Esta estructura permite el desarrollo modular de guías y herramientas altamente interconectadas.
- Conocimiento generado y validado por pares.  
BIMe Initiative conecta a expertos internacionales en la materia - de la academia y la industria - a través de una red de I + D de alta intensidad. Gracias a esta red, se identifican, generan, prueban y publican las mejores soluciones.
- Compromiso con un entorno abierto.  
Las guías y herramientas de BIMe Initiative se publican a través de canales abiertos bajo una licencia *Creative Commons* permitiendo su uso gratuito tanto a individuos como organizaciones.
- Innovación abierta más allá de los límites.  
BIMe Initiative proporciona un lote de herramientas de conocimiento que cualquier persona puede usar, personalizar, traducir y mejorar continuamente. A través de innovación abierta, se desarrollan nuevas soluciones de forma colaborativa y se comparten entre las distintas disciplinas, industrias y mercados

## 1.2. Objetivos de BIMe Initiative

BIMe Initiative tiene el propósito de mejorar el desempeño de los profesionales, las organizaciones y los equipos de proyecto en el sector de la construcción mediante la realización de actividades dirigidas a:

- elaborar un lenguaje modular que facilite la transformación digital del sector de la construcción. El lenguaje simplificará los temas complejos y entretendrá las diversas iniciativas de investigación en una más global y consistente;
- generar referencias de competencia internacionales de BIM fiables para todo el sector y la identificación de las lagunas de competencia que deben subsanarse mediante actividades de mejora de desempeño;
- desarrollar métodos, herramientas y materiales de aprendizaje basado en competencias aplicables en la educación terciaria, la formación profesional, el auto-aprendizaje y el desarrollo profesional;
- facilitar el intercambio de conocimiento y experiencia entre el mundo académico y la industria, y
- ofrecer guías, herramientas y plantillas de uso gratuito para simplificar el proceso de toma de decisiones y automatizar tareas repetitivas.

## 2. Componentes de BIMe Initiative

BIMe Initiative se basa en una *Estructura de Conocimiento* cuyo desarrollo permite ofrecer una serie de *Proyectos* innovadores y complementarios a su amplia *Red internacional de Investigadores y Profesionales*.

A continuación se describen de forma resumida los componentes principales de BIMe.

### 2.1. Estructura de Conocimiento de BIMe Initiative

La base conceptual de BIMe Initiative se resume en el modelo de *Estructura de Conocimiento* de BIMe, el cual incluye 5 conjuntos de conocimientos complementarios:

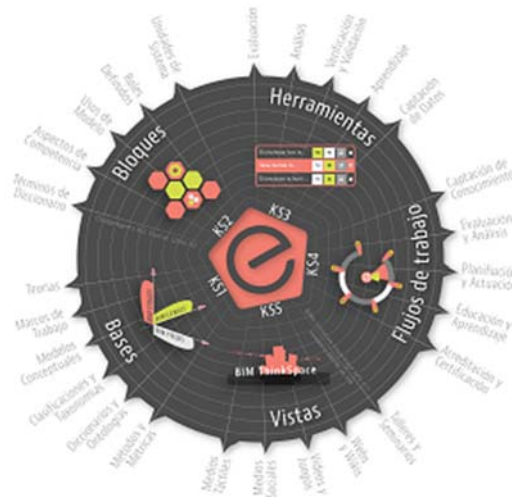


Fig. 1: Modelo de Estructura de Conocimiento de BIMe Initiative (Succar 2016)

#### 2.1.1. KS1 Bases de Conocimiento

BIMe Initiative se basa en una investigación rigurosa y en continua expansión, revisada por pares, la cual proporciona las *Bases de Conocimiento* bajo las que se desarrollan todas las actividades y proyectos.

Estas *Bases de Conocimiento* incluyen un conjunto de estructuras conceptuales – marcos, modelos, taxonomías, clasificaciones y diccionarios – que permiten la generación de un amplio rango de herramientas, plantillas y otros entregables de carácter práctico.

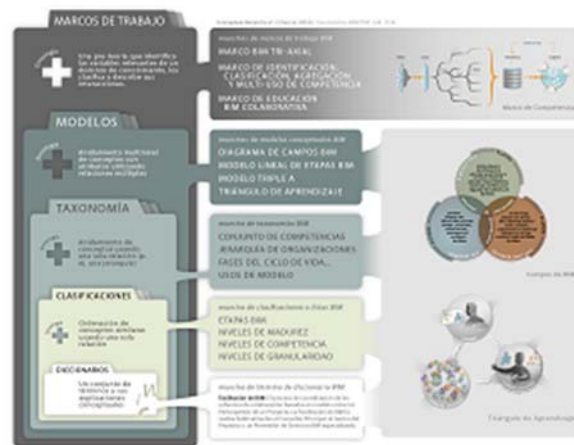


Fig. 2: Bases de Conocimiento de BIME Initiative. (Succar 2014)

### 2.1.2. KS2 Bloques de Conocimiento

Los *Bloques de Conocimiento* son unidades autónomas y medibles de información estructurada que se entienden fácilmente y que pueden utilizar tanto los profesionales como los investigadores, y se pueden combinar de una forma flexible en unidades más amplias.

Hay diversos tipos de *Bloques de Conocimiento* (p. ej. términos del Diccionario, aspectos de Competencia y Usos de Modelo). Cuando se utilizan de forma combinada, los *Bloques de Conocimiento* forman un lenguaje modular que facilita la comunicación entre las partes interesadas, así como entre las personas y los sistemas – denominado Interacción Humano-Computador. Cuando se usan como base de *Herramientas de Conocimiento* y *Flujos de Conocimiento*, los *Bloques de Conocimiento* ayudan a reducir la complejidad de los procesos y facilitan la automatización de aquellos que son repetitivos.



Fig. 3: Relación entre Bloques de Conocimiento de BIME Initiative. (Succar 2016)

### 2.1.3. KS3 Las Herramientas de Conocimiento

Las *Herramientas de Conocimiento* son los entregables de utilidad práctica de BIME Initiative, los instrumentos para evaluar el desempeño, ofrecer material de aprendizaje y organizar la gestión de información a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto o un equipamiento.

Las *Herramientas de Conocimiento* dependen de las *Bases de Conocimiento* y los *Bloques de Conocimiento* para ofrecer tres tipos de *Módulos de Gestión de Información* beneficiosos para los profesionales, investigadores, estudiantes, profesores y responsables de formular políticas, que son:

- Módulos de Evaluación (p. ej. cuestionario o formulario de evaluación de capacidad);
- Módulos de Aprendizaje (p. ej. un folleto impreso, un vídeo tutorial o un curso completo), y
- Módulos de Implementación (p. ej. una lista de tareas, un listado de control o un flujo de trabajo)

Estos módulos pueden utilizarse internamente (p. ej. en la Matriz de Madurez BIM), combinado con otros módulos en un documento o guía (p. ej. en un Plan de Ejecución BIM) o ponerse a disposición para su uso a través de una plataforma digital (p. ej. BIMexcellence.com)

#### 2.1.4. KS4 Flujos de Trabajo de Conocimiento

Los *Flujos de Trabajo de Conocimiento* son técnicas y métodos usados en BIME Initiative para capturar el conocimiento, desarrollar actividades de evaluación y ofrecer proyectos ricos en información.

Un ejemplo de estos flujos de trabajo es el *Ciclo de Vida de la Mejora de Desempeño*. Ese flujo de trabajo aclara las seis actividades repetitivas que es necesario realizar para evaluar y mejorar el desempeño de una población objetivo. A continuación se describe brevemente el proceso a seguir:



Se realiza la primera actividad [1] ALCANCE para identificar la población objetivo y seleccionar los parámetros de evaluación a utilizar; a continuación se desarrollan actividades de [2] EVALUACIÓN usando herramientas especializadas, on line o independientes. Se sigue con las actividades de [3] ANÁLISIS de los datos recogidos y la generación de informes, identificando las referencias de desempeño y las carencias detectadas. Los responsables del proceso pueden usar esas lagunas para [4] PLANIFICAR una serie de actividades de mejora de desempeño y, a continuación, [5] ACTUAR en base a esos planes. Finalmente, deberá realizarse una reevaluación para [6] MEDIR las mejoras de desempeño frente a las referencias establecidas anteriormente.

#### 2.1.5. KS5 Visiones de Conocimiento

Las *Visiones de Conocimiento* hacen referencia a las formas mediante las cuales BIME Initiative se puede mostrar y comunicar con las partes interesadas del sector. La comunicación se lleva a cabo a través de diversos medios: publicaciones de blog y artículos revisados por pares, realizando presentaciones on line o presenciales y desarrollando cualquier tipo de propuestas para compartir conocimiento. Como muestras de estas *Visiones de Conocimiento* se puede consultar el blog de BIM ThinkSpace, el blog de BIM Framework y el canal de Youtube de BIM Framework

## 2.2. Proyectos de BIME Initiative

BIME Initiative pretende cumplir sus objetivos a través del desarrollo de una serie de proyectos interconectados, cada uno de los cuales está centrado en la ejecución de producto – ya sea una aplicación de software o una guía - con un beneficio práctico y directo para los profesionales del sector.

A continuación se presentan de forma resumida los proyectos principales en curso:

### 2.2.1. BIM Dictionary

En un entorno de desarrollo de proyectos cada vez más global, en que los equipos de trabajo proceden o se ubican en distintos países, es necesario disponer de un lenguaje común que facilite la comunicación entre sus miembros, garantice la comprensión compartida de roles y responsabilidades y permita el establecimiento de unos objetivos alineados entre todas las partes y asumibles por los participantes.

*BIM Dictionary* desarrollado por BIME Initiative, que cuenta con más de 700 términos, descripciones, sinónimos y abreviaturas, interconectados entre sí y revisados por expertos, es el recurso online más extenso y accesible de forma abierta que existe actualmente en el sector. Proporciona un recurso fiable para entender cientos de términos mediante descripciones y traducciones revisadas.



Fig. 4: Descripción de un término de BIMDictionary (Succar 2015)

*BIMDictionary* se puede usar como una herramienta de referencia tanto en la generación de los documentos necesarios para el desarrollo de los proyectos, como puede ser el Plan de Ejecución BIM, como para redactar guías, manuales, plantillas y/o herramientas online con un ámbito de aplicación mayor, ya sea para una organización, dentro de un mercado o para un sector. Como ejemplo, Infraestructuras de la Generalitat de Catalunya ha utilizado la versión catalana de *BIMDictionary* como referencia en la reacción de su *Guía de BIM*

### 2.2.2. La Matriz de Madurez

La Matriz de Madurez BIM (Blm3) es una *Herramienta de Conocimiento* para identificar la Madurez BIM actual de organizaciones o equipos de Proyecto. La Blm3 tiene 2 ejes: el Conjunto de Capacidades BIM y el Índice de Madurez BIM. Para poder utilizar y sacar provecho de Blm3, es importante tener claros los conceptos de Capacidad BIM y Madurez BIM.

La Capacidad BIM hace referencia a las mínimas habilidades de una organización o equipo para entregar resultados medibles. La Capacidad BIM se evalúa a través de las Etapas BIM, que se denominan [1] *Modelado basado en objetos*, [2] *Colaboración basada en el modelo* y [3] *Integración basada en la red*. La evolución de una etapa a otra se realiza a través de unos Pasos BIM

La Madurez BIM hace referencia a la mejora gradual y continua de la calidad, repetibilidad y predictibilidad en el seno de una Capacidad BIM disponible. La Madurez BIM se evalúa mediante el Índice de Madurez BIM que tiene cinco niveles, a saber, [a] *Ad-hoc*, [b] *Definido*, [c] *Gestionado*, [d] *Integrado* y [e] *Optimizado*.

La Matriz de Madurez de BIM (publicada en 2010, disponible en seis idiomas, entre ellos en español) ha ayudado a muchas organizaciones, primero, a comprender los conceptos y a continuación, mejorar su propia capacidad/madurez BIM.

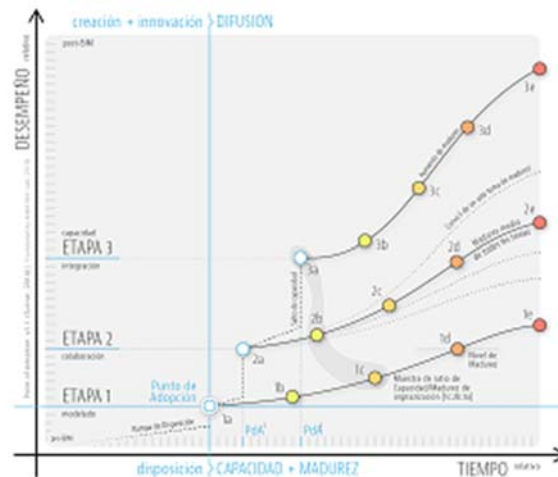


Fig. 5 Modelo de Curva S de Adopción de Capacidad / Madurez BIM (Succar, 2014)

### 2.2.3. La Tabla de Competencias

La *Tabla de Competencias* puede usarse para definir y organizar todos los Aspectos de Competencia – ya sean desarrollados por BIMe Initiative o por otros - y proporciona una estructura para:

- desarrollar módulos de evaluación para valorar y comparar las habilidades de individuos, grupos y organizaciones en global;
- desarrollar sistemas de certificación y programas de acreditación basados en competencias;
- desarrollar unidades de aprendizaje y programas educativos basados en competencias;
- identificar perfiles de competencia de diversos roles del sector y las disciplinas.

La *Tabla de Competencias* se estructura de acuerdo con la Jerarquía de Competencias publicada en el Documento 201in de BIMe Initiative, que incluye 3 *Categorías de Competencia*: Nivel básico, Nivel de Dominio y Nivel de Ejecución. En el mismo documento, se desarrolla con mayor detalle el Nivel de Dominio que contiene 8 *Conjuntos de Competencias* y 55 *Temas de Competencia* estándar. Cada uno de los temas estándar incluye decenas o centenares de *Aspectos de Competencia*, siendo un *Aspecto de Competencia* una 'frase/sentencia' que describe una habilidad, actividad o resultado que se puede evaluar, aprender o aplicar. Cada *Aspecto de Competencia* corresponde a un *Tema de Competencia* concreto (p.ej. Colaboración) dentro de un *Conjunto de Competencias* específico (p.ej. Conjunto Funcional). A continuación se presentan 3 ejemplos de *Aspectos de Competencia*:

- preparar un modelo 3D para la *Planificación de la Construcción*
- facilitar la *Colaboración basada en el modelo* entre los ingenieros de un equipo de estructuras en un proyecto de un puente
- mantener *Modelos BIM* generados usando *Protocolos* estandarizados

Los Aspectos de Competencia son de aplicación para *Escalas de Organización* y *Niveles de Granularidad* específicos, y se usan para cumplimentar módulos de evaluación y temarios para formación. También pueden agruparse en forma de plantillas utilizadas como listas de control /listas de tareas y flujos de trabajo, que se pueden usar en el desarrollo de proyectos modulares.

### 2.2.4. Listado de Usos de Modelo

Según *BIM Dictionary*, los *Usos de Modelo* son los "entregables del proyecto previstos o esperados de la generación, colaboración y vinculación de modelos 3D con bases de datos externas". Cada *Uso de Modelo*

representa un conjunto de requisitos definidos, actividades especializadas y resultados concretos del proyecto, agrupados en un solo título para que se puedan especificar, medir y aprender más fácilmente.

Los motivos principales para generar - y compartir públicamente - una *Lista de Usos de Modelo* completa es contribuir a reducir la complejidad del proyecto (a) facilitando la comunicación entre individuos, organizaciones y equipos; b) aclarando los requisitos del proyecto y los resultados deseados y c) vinculando estos requisitos y resultados a sus respectivas competencias, herramientas y métodos.

Definiendo adecuadamente los Usos de Modelo, de forma más fácil podemos:

- Identificar los entregables del proyecto: después de que se hayan identificado los objetivos del proyecto, los Usos de Modelo proporcionan un lenguaje estructurado para realizar la Petición de Ofertas (RFP), los Cuestionarios de Pre-Calificación (PQQ), los Pliegos de Prescripciones (EIR) y documentos similares.
- Definir objetivos de aprendizaje: los Usos de Modelo permiten la recopilación de competencias especializadas que pueden adquirir los individuos, organizaciones y equipos;
- Evaluar la capacidad/madurez: los Usos de Modelo actúan como objetivos de desempeño usados para medir o pre-cualificar las habilidades de participantes y partes interesadas del proyecto;
- Permitir la asignación de responsabilidades: los Usos de Modelo permiten ajustar las capacidades del Equipo de Proyecto y del Equipo de Trabajo a los requerimientos particulares de los Usos del Modelo y asignar responsabilidades; y
- Superar las brechas semánticas entre las industrias basadas en proyectos: los Usos de Modelo representan los entregables de múltiples sistemas de información - BIM, GIS, PLM y ERP - y ayudan a superar la brecha semántica entre las industrias interdependientes (por ejemplo, Geoespacial, Construcción y Manufactura)

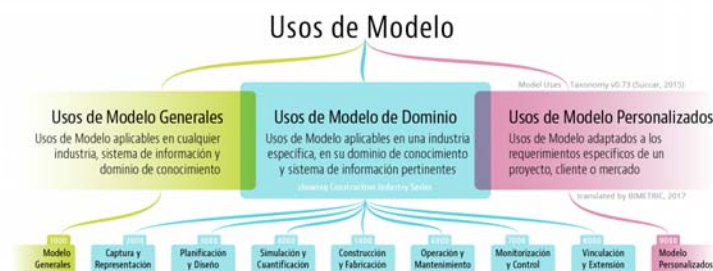


Fig. 6: Usos de Modelo de BIM Initiative (Succar 2015)

Para que el concepto de Usos de Modelo ofrezca los beneficios descritos anteriormente, se necesita que su uso sea más extendido, a través de un esfuerzo abierto y colaborativo de la comunidad. Por lo tanto, BIM Initiative invita, a todo aquel que quiera, a adoptar, probar y modificar la *Lista de Usos del Modelo* para sus propias necesidades.

### 2.2.5. Macro Adopción

El Proyecto de Macro Adopción tiene por objeto ayudar a los responsables de formular las políticas de BIM a desarrollar y/o evaluar las políticas, estrategias y planes de macro difusión de BIM en sus respectivos mercados.

El proyecto de alto nivel incluye microproyectos de recogida de múltiples datos (organizados por país). Estos microproyectos se están poniendo en marcha de forma consecutiva en colaboración con diferentes asociaciones mundiales interesadas en el intercambio de conocimiento (asociaciones industriales, universidades y responsables políticos). Recientemente, buildingSmart Spanish Chapter ha lanzado el estudio en España

La investigación subyacente a este proyecto se utilizó para guiar el desarrollo de políticas de adopción de BIM en varios países, incluyendo Brasil e Irlanda (en colaboración con el CITA)

### 2.3. La Red de Investigadores de BIME Initiative

Los proyectos de BIME Initiative se están desarrollando en base a una combinación de miembros y voluntarios, una comunidad en expansión de expertos internacionales en la materia, tanto académicos como de la industria.

Los miembros activos de BIME son académicos, estudiantes de doctorado y profesionales con mentalidad investigadora que (a) tienen capacidades probadas en un *Área de Interés* relevante, (b) están dispuestos a trabajar en colaboración con otros miembros para alcanzar los objetivos de BIME Initiative, y (c) se comprometen a cumplir con todas las leyes aplicables, estatutos de asociaciones y requisitos éticos de investigación.

La lista actual de miembros principales que han contribuido al desarrollo de los proyectos en curso de la Iniciativa BIME se puede consultar en su página web,

La afiliación a la Iniciativa BIME se realiza tanto por invitación como por solicitud evaluada. Los miembros potenciales de BIME son investigadores en activo, estudiantes de doctorado y profesionales con mentalidad investigadora que (a) tienen capacidades probadas en un área de interés relevante; (b) están dispuestos a trabajar en colaboración con otros miembros y voluntarios de BIME para cumplir con las metas y objetivos de BIME Initiative; (c) estar de acuerdo en acatar todas las leyes aplicables, estatutos de la asociación (si y cuando sea de aplicación); y (d) respetar todos los derechos de propiedad intelectual, derechos morales y requisitos éticos de investigación.

### 3. Conclusiones

El sector está cambiando rápidamente provocando que todos los agentes que participan en el desarrollo de proyectos deban aprender continuamente a utilizar nuevas herramientas, desarrollar nuevos flujos de trabajo y adoptar estándares emergentes. Si bien algunos de los retos son únicos para cada país, la mayoría de los desafíos a los que se enfrentan los profesionales del sector son muy similares en todo el mundo, y por lo tanto tiene mucho sentido desarrollar proyectos colaborativos que nos permita aprender unos de otros y compartir el conocimiento abiertamente.

Aunque hay una gran necesidad de guías y herramientas que sean de aplicación para todos los estándares, sólo hay unos pocos esfuerzos realmente internacionales, y aún menos que compartan el trabajo de forma abierta y libre para que todo el mundo pueda beneficiarse.

BIME Initiative es un esfuerzo de estas características, que facilita que una comunidad creciente de expertos, utilizando una estructura de conocimiento clara, pueda trabajar de forma conjunta en la generación de herramientas, plantillas y -próximamente- guías de gran utilidad para todos los agentes interesados. En concreto, herramientas que promueven una comprensión común de los desafíos compartidos; plantillas que permiten la evaluación y mejora del desempeño; y guías que ayudan a los responsables políticos a fomentar la transformación digital en sus mercados.

Si bien BIME Initiative tiene menos de 1 año de vida, está adquiriendo fuerza pues ya cuenta con más de 70 voluntarios que trabajan en el proyecto BIM Dictionary y ha firmado acuerdos de colaboración con 4 asociaciones.

En tanto en cuanto BIME Initiative vaya publicando recursos adicionales y desarrolle nuevos proyectos, paulatinamente se irán abriendo nuevas áreas para que voluntarios y miembros se unan a la comunidad.

Por otra parte, BIME Initiative intentará ampliar su alcance al unir fuerzas con universidades y asociaciones internacionales de renombre para ofrecer nuevos materiales educativos y alentar la adopción de BIM más allá de las fronteras. A medida que BIME Initiative aumente sus esfuerzos, buscará a todos aquellos investigadores y profesionales que compartan los principios generales de la iniciativa para que se unan a la misma con la finalidad de promover y hacer posible la transformación digital del sector.

Finalmente, cabe destacar que, como una primera muestra de colaboración a nivel nacional, Infraestructures de la Generalitat de Catalunya ha utilizado tanto el *Marco de trabajo BIM* promovido por BIME Initiative como la edición catalana del *BIMDictionary* como referencia para la redacción de la Guía de BIM y el correspondiente Manual de BIM, recientemente publicado.

#### 4. Referencias

- KASSEM, M. AND SUCCAR, B. (2017). *Macro BIM Adoption- Comparative Market Analysis* - Automation in Construction, 81, 286-299. <<http://bit.ly/BIMPaperB3>> [Consulta: 25 de febrero de 2018]
- SUCCAR, B., (2010) *Building Information Modelling Maturity Matrix*.<[https://www.academia.edu/186259/Building\\_Information\\_Modelling\\_Maturity\\_Matrix](https://www.academia.edu/186259/Building_Information_Modelling_Maturity_Matrix)> [Consulta: 25 de febrero de 2018]
- SUCCAR, B., (2010) *The Five Components of BIM Performance Measurement*.  
<http://changeagents.blogs.com/thinkspace/files/The%20Five%20Components%20of%20BIM%20Performance%20Measurement.pdf>> [Consulta: 25 de febrero de 2018]
- SUCCAR, B., SAALEB, N., & SHER, W., (2016). *Model Uses: Foundations for a Modular Requirements Clarification Language*.  
<[https://www.researchgate.net/publication/303013287\\_Model\\_Uses\\_Foundations\\_for\\_a\\_Modular\\_Requirements\\_Clarification\\_Language](https://www.researchgate.net/publication/303013287_Model_Uses_Foundations_for_a_Modular_Requirements_Clarification_Language)> [Consulta: 25 de febrero de 2018]
- SUCCAR, B., SHER, W., & WILLIAMS, A. (2013). *An integrated approach to BIM competency acquisition, assessment and application*. Automation in Construction. Volume 35, November 2013, Pages 174-189.  
<<http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.016>>, <<http://bit.ly/BIMPaperA6>> [Consulta: 25 de febrero de 2018]
- BIM THINKSPACE. *Episode 24: Understanding Model Uses*.  
<<http://www.bimthinkspace.com/2015/09/episode-24-understanding-model-uses.html>> [Consulta: 25 de febrero de 2018]
- BIME INITIATIVE. *BIME Initiative: Home*. <<http://bimexcellence.org/>> [Consulta: 25 de febrero de 2018]
- BIME INITIATIVE. *BIM Dictionary*. <<https://bimdictionary.com/>> [Consulta: 25 de febrero de 2018]
- BIME INITIATIVE. *103in BIME Initiative Knowledge Structures*.  
<<http://bimexcellence.org/resources/100series/102in/>> [Consulta: 25 de febrero de 2018]
- BIME INITIATIVE. *201in BIM Comepency Table*. <<http://bimexcellence.org/resources/200series/201in/>> [Consulta: 25 de febrero de 2018]
- BIME INITIATIVE. *211in Model Uses List*. <<http://bimexcellence.org/resources/200series/211in/>> [Consulta: 25 de febrero de 2018]
- BIME INITIATIVE. *301in BIM Maturity Matrix*. <<http://bimexcellence.org/resources/300series/301in/>> [Consulta: 25 de febrero de 2018]
- BIME INITIATIVE. *Macro Adoption project*. <<http://bimexcellence.org/projects/macro-adoption/>> [Consulta: 25 de febrero de 2018]

## El BIM-LaB como aglutinador de la experiencia de implantación BIM académica y científica para profesores, alumnos y exalumnos de la Escuela Politécnica de Cuenca. UCLM

**Alfaro-González, Jesús<sup>a</sup>; Valverde-Cantero, David<sup>b</sup>; Cañizares-Montón, José Manuel<sup>c</sup>; Martínez-Carpintero, Jesús Ángel<sup>d</sup>; Pérez-González, Pedro Enrique<sup>e</sup>**

<sup>a,b,c,d,e</sup>. Escuela Politécnica de Cuenca, Grado de Ingeniería de Edificación, Departamento de Ingeniería Civil y de la Edificación, UCLM, Grupo de Investigación BIM-UrbEdSo, España, <sup>a</sup>[jesus.alfaro@uclm.com](mailto:jesus.alfaro@uclm.com), <sup>b</sup> david.valverde@uclm.es, <sup>c</sup> jose.canizares@uclm.es, <sup>d</sup>jesusangelmartinezcarpintero@gmail.com, <sup>e</sup> pedro.p.cbim@gmail.com

### Abstract

*The implementation of the BIM methodology at the EPC has led the application of several academic and research initiatives. At the academic level, the start-up of the aula BIM EPCu together with other activities related to specific areas of knowledge as the initiative THE BIM GAME; and at the same time that in research aspects, with the develop of Final Degree Projects, presentation to competitions, development of post-graduate competencies related to BIM, and the implementation of BIM-LaB within the Technological Institute of Construction and Telecommunications of UCLM, has involved the centralizing and systematizing of applied research initiatives related to BIM. In addition to the work during the course with multi-platform and multidisciplinary work sessions, the 2nd and 1st prizes have been get in the editions of the BIM Comptetition of 2016 and 2017 respectively (BIMtecnia), as well as participating in other national and international competitions. We believe that this type of activities, developed in a flat learning format (without hierarchies between teachers, students, experts and graduates) has been a good methodological experience for training, learning, and continuous updating in BIM, as well as being an excellent way to generate synergies and professional oppourtunnites in the future.*

**Keywords:** *implantation, university, BIM-LaB, research, flat learning, competition, competencies, multidisciplinary*

### Resumen

*La implantación de la metodología BIM en la EPC ha supuesto la puesta en marcha de varias iniciativas académicas y de investigación. En el plano académico, la puesta en marcha del aula BIM EPCu junto con otras actividades referidas a áreas de conocimiento concretas como la iniciativa THE BIM GAME; y en paralelo al plano de investigación, con el desarrollo de PFG's, presentación a concursos, desarrollo de competencias post grado relacionadas con BIM y la implantación del BIM-LaB en el seno del Instituto Tecnológico de Construcción y Telecomunicación de la UCLM, ha supuesto una canalización y sistematización de iniciativas de investigación aplicada relacionados con BIM. Además del trabajo continuado durante el curso con sesiones de trabajo multiplataforma y multidisciplinaria, se han obtenido los premios 2º y 1º en las ediciones de la BIM Comptetition de 2016 y 2017 respectivamente (BIMtecnia), además de participar en otras convocatorias nacionales e internacionales. Creemos que este tipo de actividades, desarrolladas en un formato de aprendizaje plano (sin jerarquías entre profesores, alumnos, expertos y egresados) ha sido una buena experiencia metodológica para la formación, aprendizaje, y actualización continua en BIM, además de constituir una inmejorable manera de generar sinergias y opciones profesionales a futuro.*

**Palabras clave:** *implantación, universidad, BIM-LaB, investigación, aprendizaje plano, competición, competencias, multidisciplinaria*

## **Introducción**

La implantación de la metodología BIM (es.BIM, 2018) en la Escuela Politécnica de Cuenca -EPCu- ha supuesto la puesta en marcha de varias iniciativas académicas y de investigación; actividades desarrolladas en un formato de aprendizaje plano (sin jerarquías entre profesores, alumnos, expertos y egresados) que han supuesto una gran experiencia metodológica para la formación, aprendizaje, y actualización continua en BIM, además de constituir una inmejorable manera de generar sinergias y opciones profesionales a futuro.

La universidad y, en nuestro caso la EPCu, no puede quedar ajena a todo este proceso. La metodología BIM ya es una realidad a nivel global y es compromiso y responsabilidad de la universidad incluirla en todos sus niveles de grado, especialista, experto o máster.

## **1. Contexto**

### **1.1. Implantación BIM en la EPCu**

Los estudios de GIE (EPCu, 2018) son los más directamente implicados en la metodología BIM según los resultados de las últimas encuestas dirigidas a determinar el grado de implantación del BIM en los entornos universitarios. Tal coyuntura ha sido interpretada en la EPCu como una oportunidad única para repensar no tanto el qué de la enseñanza sino el cómo, analizando la forma en que BIM puede vertebrar el plan de estudios y condicionar las estrategias y metodologías docentes. Fruto de esta reflexión y compromiso colectivo, se puso en marcha la comisión BIM-EPCu para el estudio e implantación del BIM en el plan de estudios de GIE. Desde entonces y con diferentes iniciativas, hemos tratado de canalizar la implementación de esta metodología en las enseñanzas impartidas en el entorno del GIE y enseñanzas de postgrado que se han ido implantando. Creemos que un cambio de mentalidad tan sustancial en la profesión deber formar parte de las destrezas del futuro ingeniero de edificación desde la base formativa con y desde la metodología BIM y no como formación complementaria o de postgrado.

Nuestra iniciativa de implantación de manera transversal en los contenidos de GIE a corto/medio plazo sería el ambicioso Proyecto de Innovación Docente -PID- "Implementación de la metodología BIM en GIE para el curso 2017-2018" actualmente en desarrollo. La incorporación de nuestro Grupo de Investigación: BIMUrbEdSo al recientemente inaugurado Instituto Tecnológico de Construcción y Telecomunicación -ITCT- pretende configurarse como el referente BIM en el ámbito académico de la UCLM. De hecho la formalización del BIM-LaB en el seno de ITCT ha supuesto la oportunidad de entrar de lleno en actividades de investigación y desarrollo de la metodología BIM más allá de los cometidos exclusivamente académicos. La apertura a la colaboración con empresas del sector tras el convenio firmado por parte de la EPCu con FERECO -Federación de Empresarios de la Construcción de Castilla-La Mancha- para la incorporación de alumnos con conocimientos BIM a sus cuadros profesionales durante el desarrollo del PFG en modalidad de prácticas de seguimiento de obra, pensamos que puede ser un inmejorable inicio de inserción laboral para el alumno y de conocimiento de la metodología BIM para el sector AECO en la región. La participación en concursos abiertos de metodología BIM, el interés y puesta en común de ideas y planteamiento de problemas durante los mismos y el incentivo de testar nuevos software para conocer su alcance, son actividades que no pueden acometerse desde la rigidez de un curso académico, pero sí desde un grupo de investigación. Los resultados de dichas experiencias revierten en la actividad académica en cursos posteriores.

La actividad del BIM-LaB es complementaria a la desarrollada por el aula BIM (objeto de otra comunicación en este congreso). El primero dedicado más a la investigación, la experimentación y la búsqueda de aplicaciones específicas en la metodología BIM y el sector AECO y la segunda, destinada a transmitir este conocimiento dentro de un cometido más académico y acorde al alcance de una titulación.

### **1.2. Participación en THE BIM GAME**

A partir del conocimiento de las actividades llevadas a cabo por un grupo de universidades y entidades europeas en torno a la implantación de la metodología BIM mediante el análisis de escenarios planteados a

los alumnos con asunción de roles específicos para su solución en el EUBIM 2017, nos plantemos la inclusión de nuestra Escuela en dicha iniciativa. Después de ponernos en contacto con los promotores de la idea, hemos tenido oportunidad de describir nuestras iniciativas del aula BIM y del BIM-LaB a sus representantes en diciembre de 2017. Asimismo, hemos participado con alumnos de manera remota en la última reunión del grupo en Besançon el pasado mes de enero de 2018 y volveremos a participar en la reunión de Lieja en marzo de 2018. Nuestra propuesta en la iniciativa BIM GAME pasa por plantear un escenario de construcción de una estructura de hormigón, partiendo del modelado de la misma para la gestión de su proceso constructivo considerando todos los medios auxiliares y de seguridad que deben tenerse en cuenta. Para ello los alumnos de segundo de GIE han repartido sus roles de programador, cuantificador, encargado de maquinaria y equipo de seguridad, y proyectista.

La participación en un proyecto internacional desde una asignatura ya supone un entusiasmo sin precedentes en el alumnado. A esto se suma la inclusión de herramientas de software y metodología de desarrollo, comunicación y comprobación de su progreso de manera on-line y con aseguramiento de la trazabilidad. Es un proyecto en curso que ha contribuido a llevar la implementación a una fase muy temprana del grado. La intención es conseguir niveles de especialización mayores dentro de los cursos del grado, no fuera.

### **1.3. El concurso. BIM Valladolid 2017**

El concurso BIM Valladolid (Bimtecnia, 2017) se engloba dentro del Foro Internacional de la Construcción Inteligente BIMTECNIA desarrollado en Valladolid en diciembre de 2017, donde los equipos debíamos preparar un modelo para medir, certificar, controlar la documentación durante la obra, hacer la gestión de residuos, el control de calidad, la prevención de riesgos, coordinar las comunicaciones... disponiendo para ello de un proyecto real y 100 horas para completar el trabajo.

En su edición 2016, en la que también participó CuBIM (Grupo CuBIM, 2016), el enfoque consistía en constituir un verdadero equipo BIM, asignando los perfiles/permisos necesarios a cada miembro y determinando el software a utilizar para realizar, en un breve plazo de tiempo, el diseño y modelado completo de un edificio no residencial de tamaño medio, buscando el uso del BIM en la fase previa de diseño/concepción del edificio.

Ya en la citada última edición, se introducen las fases de 4D y 5D como dimensiones principales de estudio, en busca manifestar las capacidades del BIM en obra, a fin de realizar un justificado estudio de planificación y presupuestos, así como el control de la gestión de residuos, seguridad y salud, preparación de elementos prefabricados...

Por supuesto, la componente colaborativa es fundamental, siendo valorables los equipos multidisciplinares, la comunicación BCF, desarrollo de un BEP... y en consonancia con la AAPP, la adecuación del programa funcional.

## **2. La experiencia**

### **2.1. El equipo**

El entorno universitario en el que nace el equipo, congrega a un amplio grupo de estudiantes, egresados y profesores de GIE, partiendo de los antecedentes y la experiencia desarrollada en la edición de 2016, en un proceso paralelo a la implantación de la metodología BIM, consistente en el desarrollo de implantación "personal y social" del mismo, algo que constituye su verdadera "esencia".

Siendo los participantes del equipo CuBIM pertenecientes a centros en diferentes ciudades, y con algunos de ellos en diferentes localizaciones, resulta necesario hacer uso de los mecanismos de comunicación online, así como la dotación de los equipos e infraestructuras necesarias, un escenario ya experimentado, interiorizado, y sometido a mejora debido a las diferentes las experiencias de trabajo desarrolladas por el equipo, conformado por 26 miembros.



Fig 1. Logotipo Grupo CuBIM. Fuente: Grupo CuBIM (2016)

## 2.2. El desarrollo del concurso

Habituados a un ritmo de trabajo periódico en el desarrollo de diferentes proyectos en entornos BIM, consideramos destacable las posibilidades de interoperabilidad que las habilidades de los miembros del equipo CuBIM, confieren al flujo de trabajo que se propone, dotándolo de un claro enfoque OPEN BIM que le permite evolucionar y ampliarse en función del desarrollo del proyecto confiéndole considerable versatilidad; al mismo tiempo que debe reconocerse haber afrontado tareas percibidas en cierta manera fuera de lo comúnmente entendido como zona de confort, reconociendo primero quedar alejadas del proceder habitual en el desarrollo de proyectos en la ya no tan nueva metodología BIM y después, por los retos intrínsecos a la competición, como son los marcados plazos, introducción en el manejo de nuevos softwares, trabajo colaborativo a distancia...

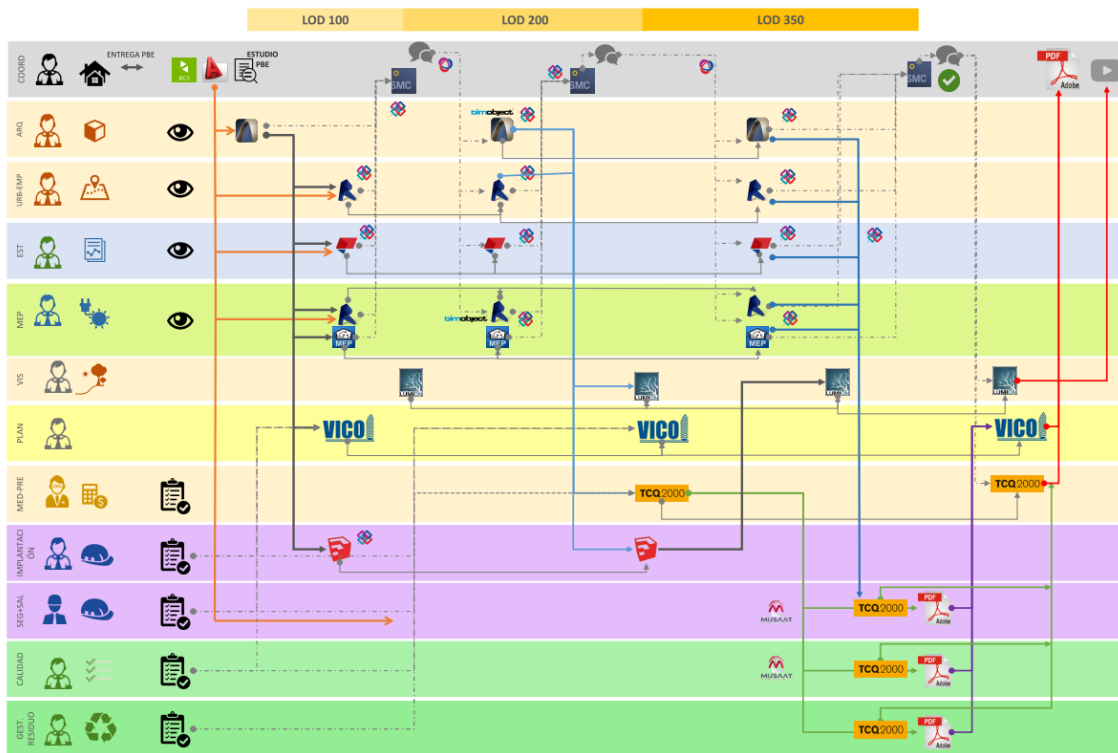


Fig 2. Flujo de trabajo previsto. Fuente: Grupo CuBIM (2017)

Aunque esta fase generó unas sinergias muy positivas entre áreas (Fig 1) que fortalecieron el diseño inicial, obviamente durante el proceso se han enfrentado conflictos (en ciertos casos la interoperabilidad entre software podría no ser óptima, o en otros casos comprometía la agilidad del proceso, problemas de conexión...) que nos han llevado a la necesidad de redirigir la trayectoria en la resolución de problemas, pero siempre manteniendo presente la premisa "OPEN BIM" de cara al desarrollo de un proyecto donde cada uno de los agentes multidisciplinares complementamos mutuamente nuestros conocimientos para llegar a la verdadera colaboración. Todo ello constituyendo un aprendizaje que generó una sinergia social de equipo que fue nuestro gran activo frente a la adversidad.

Dentro de cada de las áreas en las que el equipo se clasificó, cabe destacar:

### 2.2.1. *Revisión de documentación*

Perseguimos generar un repositorio dinámico que contenga la definición de los elementos/sistemas constructivos intervinientes a partir de la lectura y análisis progresivos de la documentación.

Dicho repositorio constituye un documento de consulta para los los responsables de modelado, planificación, control, precios... con el objetivo de que éstos puedan abordar la actualización de sus modelos (que, inevitablemente, han debido iniciarse a partir de sólo alguna de las fuentes, la cual pudiera resultar puntualmente insuficiente o errónea)

Forman parte también de nuestros objetivos o necesidades, los siguientes (entre los que no figura la calificación del proyecto):

- establecer la prevalencia entre cada uno de los documentos del proyecto ante consideraciones distintas,
- establecer, de acuerdo a lo anterior y ante dichas consideraciones distintas, la definición consiguiente de cada uno de los sistemas constructivos
- (ante la ausencia de interlocutores concretamente interesados, los criterios de prevalencia se establecen en base a la mejor/más profunda definición técnica de cada elemento constructivo, siempre en relación a su coherencia con el resto de los elementos con los que ha de resultar compatible),
- identificar sistemas/elementos constructivos considerados erróneos con el objetivo de plantear su sustitución,
- identificar documentos indefinidos/residuales que es preciso desarrollar de forma previa a la ejecución de la obra
- alcanzar una comprensión global del proyecto que permita identificar los riesgos más significativos en relación a la prevención de patología de la edificación, y en relación a las medidas de seguridad a adoptar en la puesta en obra de los elementos/sistemas constructivos

La lectura de la documentación del proyecto pone de manifiesto una apreciable falta de coordinación entre los distintos documentos de forma que, si bien es complejo prever las acciones necesarias para prevenir las causas susceptibles de generar alguna patología, lo es mucho más hacerlo a través de la propia documentación del proyecto.

### 2.2.2. *Modelado y construcción del modelo arquitectónico*

Se realiza el modelo del edificio en régimen colaborativo bajo la metodología Teamwork de ArchiCAD, caracterizado constructivamente hasta un LOD cercano al LOD350 según las partidas reales de obra y preparando la clasificación de sus elementos para el modelo de información idóneo de cara a las exportaciones a formato IFC, haciéndolo óptimo no sólo a efectos de interoperabilidad geométrica entre software, sino con el objetivo de que éste también contuviera la información que posibilitara medir y planificar la obra en los softwares de 4D y 5D o permitiera realizar la asignación de mediciones y partidas a los elementos geométricos contenidos en el fichero IFC.

### 2.2.3. *Modelado (y análisis) de instalaciones*

Las tareas fueron repartidas de modo que cada uno de los integrantes del equipo pudiera trabajar en, al menos, dos de las instalaciones principales del edificio. Dos de los miembros del equipo trabajarían modelando en Cype las redes de saneamiento, fontanería, climatización y gas, y exportarían archivos IFC para que el resto del equipo ajustara a la realidad constructiva dichas redes con su transformación en Revit, introduciendo equipos, tramos de tuberías, desniveles, etc. Aparte de esto, se estudiaría el cumplimiento de los documentos básicos HE y HS para detectar puntos conflictivos.

La elección de los distintos software para cada tipo de instalación responde a las posibilidades que ofrece cada uno en términos de verificación de dimensionado/modelado así como su integración dentro de un flujo de trabajo destinado a su preconstrucción y convergente en su relación al resto de disciplinas - arquitectura/estructura-

Es destacable el contratiempo que supusieron los errores de interpretación del modelo en IFC Builder debido a la complejidad arquitectónica del edificio.

#### *2.2.4. Modelado estructural*

Siguiendo los principios ya citados, el área de estructura realiza el modelado de ésta en Tekla structures 2017, debiendo destacar como principal dificultad el no contar con servidor de Tekla que permitiese a varios modeladores trabajar de manera conjunta en un mismo archivo de proyecto

#### *2.2.5. Modelado de emplazamiento y urbanización*

Los trabajos de emplazamiento se inician georeferenciando la parcela en la que se encuentra el solar del concurso, mediante las herramientas desarrolladas por BIMMATE, enlazando mediante referencia catastral el modelo Revit con la web del catastro para extraer información de la misma y así obtener una superficie topográfica acorde al terreno, además de todos los volúmenes del entorno, en un nivel de detalle LOD 100.

Partiendo del modelo de emplazamiento desarrollado en Revit, se comienza a modelar el modelo de Urbanización atendiendo a las necesidades de nuestro solar, desde la línea de propiedad hasta las paredes exteriores del edificio.

#### *2.2.6. 4D-planificación de obra*

Se relacionan en VICO Office las mediciones-costes con tiempos-actividades, permitiendo un completo conocimiento del transcurso de la obra y los rendimientos de su organización.

Partiendo de la información importada del modelo IFC, se extraen tanto cuantías de medición de todos sus elementos como una serie de parámetros vinculados a él que permiten gestionar la información, como pueden ser la tipología o familia de elementos, su Guid, capas asignadas...; al tiempo que se importa una base de precios para conformar un presupuesto a partir de la vinculación entre las mediciones a sus partidas.

Se obtienen las duraciones de cada tarea, a partir del rendimiento de mano de obra y maquinaria, incluidas en sus descompuestos, y la cuantía de la medición, para definir las distintas fases de la obra con las que gestionar la consecutiva relación de tareas, optimizando su proceso en un Plan de Obra desde el que se gestionan todos los datos importados, a través de la vinculación de tareas con diversos gráficos como son Líneas de balance, Esquemas de redes, y Diagrama de Gantt.

#### *2.2.7. 5D-medicion y presupuesto*

Se procede a realizar el estudio de un posible proceso constructivo real de la obra, teniendo en cuenta las interferencias e interacciones entre los diferentes tajos de obra, al tiempo que se realiza un listado de los diferentes equipos y medios auxiliares necesarios en las diferentes fases de la obra. Se valora además, apoyados en ARQUIMEDES, el presupuesto disponible para relacionarlo con las diferentes fases de obra planteadas, al tiempo que todo ello permitía detectar posibles mejoras en las soluciones constructivas que se nos marcaban en proyecto, basándonos en los diferentes modelos 3D realizados.

El objetivo principal del equipo de 5D fué realizar el presupuesto de ejecución de obra en base al banco de precios de BEDEC y al proyecto. Las fases abordadas en la disciplina 5D son:

1. Análisis del presupuesto de proyecto en BC3 (Banco de precios de CYPE)
2. Adaptación del presupuesto de proyecto en BC3 a TCQ (banco BEDEC)
3. Creación de las partidas en TCQ a partir de los planos de proyecto y modelo BIM.
4. Estudio de los tipos BIM en TCQ provenientes de los distintos software de Modelado, con referencia a la identificación GUID de los elementos.
5. Dos alternativas:

- a. 5.1. Vinculación de partidas de TCQ al modelo IFC de cada disciplina, y asignación de parámetros del IFC (longitud, área, volumen,...) a la medición de TCQ, para obtener la medición automática.
  - b. 5.2.- Asignación de las partidas de TCQ a través de BC3 a los elementos del modelo de ArchiCAD, para cargar la medición automática desde ArchiCAD (ahorro de la vinculación en TCQ)
6. Envío de Presupuesto finalizado a las disciplinas: 3D-Calidad, 4D-Planificación, 6D-Gestión Medioambiental y 8D-SyS
  7. Recepción de las nuevas partidas de 3D-Calidad y 8D-Seguridad y Salud, para introducir las en el Presupuesto Global de Proyecto.
  8. Nueva vinculación de partidas de 8D-SyS a los elementos del IFC correspondiente a 8D-SyS.

### 2.2.8. Seguridad y salud

Del estudio pormenorizado del proyecto y del estudio de seguridad y salud se plantean las actuaciones a llevar a cabo en tres fases:

1. Fase previa a la ejecución, donde se elabora el plan de seguridad y salud (memoria, pliego y presupuesto) con TCQ, el cual ha tomado como referencia para la evaluación de riesgos, y generación de medidas preventivas y protección colectiva e individual, el presupuesto del proyecto generado por el equipo de mediciones.  
La documentación gráfica del plan de seguridad y salud se genera en SketchUp, modelando las distintas fases de obra junto a sus medidas de seguridad y protecciones decididas. En esta fase se genera también la documentación necesaria previa al inicio de obra, en cumplimiento de la normativa vigente.
2. Durante la fase de ejecución y de cara a la coordinación de seguridad y salud se aporta al modelo las distintas actas que por fases de obra nos permiten gestionar el proceso de forma coordinada.
3. De cara al control de las medidas se generan para las distintas unidades de obra fichas de control de las medidas preventivas con objeto de determinar la eficacia de las mismas.

Tanto en fase previa como de ejecución se consideran los “Criterios para la gestión del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra” de la Fundación Musaat. Los modelos de actas que se han de generar en las distintas fases de obra se vinculan a los elementos a los que le son de afeción mediante URL asociadas a un parámetro del modelo IFCs.

### 2.2.9. Coordinación de modelos. Detección de colisiones

La particularidad del flujo de trabajo, con un enfoque OPEN BIM multiplataforma, propicia que el control de calidad del modelo se entienda fundamental para asegurar la coherencia del mismo, más cuando éste queda conformado por sub-modelos de diversas plataformas cuya referenciación requiere el control de su posicionamiento tridimensional con respecto a un origen común.

Por ello, además de la referenciación inter-modelos mediante IFC dentro del entorno de la plataforma de cada disciplina (en los casos en los que se permite), se efectúa el chequeo de los diferentes modelos mediante Solibri Model Checker ya desde el primer momento de preparación de los respectivos entornos para la coordinación de los orígenes de los respectivos sub-modelos (Arquitectura-Estructura-Instalaciones-Urbanización-Emplazamiento-Seguridad y Salud), detectando de este modo ciertos desfases de referenciación, parte de ellos visibles de forma sencilla y muchos otros indetectables sin la ayuda de SMC.

Así, el control -y referenciación- se realiza de forma iterativa en cada uno de los entendidos hitos (según matriz de responsabilidades elaborada a tal fin) siguiendo el curso del propio desarrollo del proyecto y de la respectiva actualización de los modelos, realizando una gestión integral de las interferencias entre los distintos sub-modelos que posteriormente son evaluadas y corregidas en las plataformas de modelado, asistidos por la generación de ficheros bcf.

### 2.2.10. Control de calidad

El objetivo fue diseñar un plan de control de calidad para la obra aplicando la normativa en vigor, detectar situaciones que hiciesen necesario un especial control de ejecución o de recepción de materiales específicos para esta obra, trabajando con el el módulo de Plan de Calidad de TCQ y haciendo uso del presupuesto elaborado por el equipo de gestión económica para determinar cuantitativamente los controles, ensayos y pruebas a realizar, generando fichas que se enlazaron a los parámetros a los distintos modelos IFC mediante mediante url. Además, se enlazan todas las labores de control con la programación, y se pretende, como prevención de patologías, desarrollar una serie de reglas de control en Solibri Model Checker, para indicar, siguiendo el “Análisis estadístico nacional sobre patologías en la edificación” elaborado por la fundación MUSAAT, los elementos con mayor riesgo de generar patologías. Así mismo, se ha trabajado en desarrollar un plan de gestión de residuos de la construcción conforme a la normativa en vigor y en colaboración con el equipo de implantación en obra, se establecen las zonas más adecuadas para la clasificación y almacenaje de residuos.

### 2.2.11. Visualización del modelo

La visualización de este proyecto se llevó a cabo con varios softwares, tales como Solibri Model Checker, Tekla BIM sight y Lumion. Los dos primeros han servido para controlar la información IFC del proyecto BIM, mientras que el tercero sirve para además de coordinar visualmente los modelos 3D de cada disciplina, realizar la animación del modelo, debiendo destacar la animación del modelo durante el proceso constructivo, finalizando con el renderizado y postproducción del vídeo.



Fig 3. Infografía exterior de la Casa de la Música y el Teatro. Fuente: CuBIM (2017) 3

## 3. Resultados

### 3.1. Satisfechos por el trabajo

La satisfacción por el trabajo desarrollado; la cohesión y reconocimiento como grupo CuBIM; la sensación de pertenencia al mismo; la garantía del compañerismo; el “creative common” de una punta a la otra de la mesa de manera directa e inmediata; el respeto y el reconocimiento del compañero, antes desconocido; el descubrimiento de la agradable sensación de enseñar-aprender entre profesores-alumnos sin saber quién hace el papel de qué; en definitiva: la integración social y personal en un equipo de compañeros unidos por un objetivo y una metodología, fue nuestro GRAN PREMIO del concurso.

Todas estas experiencias, más sociales y humanas, que profesionales o académicas, son las que mayor ayuda han dado a la implantación de la metodología BIM en nuestros centros.

Del resultado de aunar todas y cada una de las habilidades del equipo, unidas al mismo tiempo a cada una de nuestras debilidades, se configuró un proyecto digno merecedor como mínimo, de gran satisfacción personal. El contexto de competición nos recordaba a cada hora -de las 100 de nuestro countdown- que para potenciar la visibilidad de una propuesta fruto del trabajo de un equipo involucrado y colaborativo, el

proyecto debería reflejar, antes que su calidad BIM en sí, la cooperación como equipo y su capacidad de trabajo; aunque fruto del justo balance de ambos ámbitos -calidad y colaboración- fueron:

- Primer Premio Concurso BIMValladolid (Grupo CuBIM, 2017)
- Premio Lumion (Grupo CuBIM, 2017)



Fig 4. Recogida de premios equipo CuBIM. Fuente: Grupo CuBIM (2017)

## 4. Conclusiones

Con ello, los resultados obtenidos no se perciben más que como un impulso para mantener e incrementar si cabe el incentivo para abogar por la metodología, así como la puesta en valor del equipo como entidad única, formada por miembros sin cada uno de los cuales el resultado probablemente no se hubiera podido lograr, y que han afrontado el reto con la misma perspectiva: ilusión y ganas de aprender, todo ello sumado al apoyo que CuBIM ha recibido y recibe por parte de la universidad como institución.

### 4.1. Experiencia conjunta profesores-alumnos

Las consecuencias del trabajo colaborativo abordado desde los roles clásicos profesor-alumno:

- colaboración interactiva de igual a igual entre profesores y alumnos,
- aplicación de la experiencia en el desarrollo académico del grado y los cursos de especialización,
- aplicación práctica de lo aprendido en casos reales, y
- establecimiento de protocolos de trabajo y de flujo de software adecuados para cada tipo de trabajo.

### 4.2. Los próximos pasos

Fruto de esta intensa experiencia podemos confirmar la continuidad de la propuesta:

- aplicación de la experiencia en el desarrollo académico del grado y los cursos de especialización,
- participación en proyectos de investigación que supongan la aplicación de la metodología BIM,

- oferta de implantación de metodología BIM y LEAN CONSTRUCTION en casos reales a entidades públicas y privadas, y
- experiencia previa para la exportación de conocimiento a la empresa.

Por un lado, la consolidación del BIM\_Lab en el plano de la experimentación y la búsqueda de aplicaciones específicas en la metodología BIM y el sector AECO:

- plataforma permanente de investigación, desarrollo y aplicabilidad de software en metodología BIM,
- centro de asesoría y consulta para usuarios e investigadores, y
- núcleo de desarrollo de propuestas concursales abiertas susceptibles de aplicación de la metodología BIM.

Y por otro lado, la consolidación del aula BIM, como actividad complementaria al BIM-Lab destinada a transmitir este conocimiento en el ámbito docente y académico en EPCu-GIE:

- exportación de la experiencia a las áreas de conocimiento de GIE, con especial incidencia en la creación de flujos de trabajo y las posibilidades de interoperabilidad que, en el plan de estudios, es posible leer como coordinación entre asignaturas y optimización de la carga de trabajo del alumno, y
- con participación en estrategias competitivas que fomenten e incentiven el carácter entusiasta del aprendizaje, como es el caso de THE BIM GAME
- núcleo de gestión de contenidos para la implementación del BIM en el grado y en los cursos de especialización y máster.

## 5. Referencias

- BIMTECNIA, 2017. *Concurso BIM Valladolid*. <http://www.bimtecnia.com> [Consulta: 11 de marzo de 2018]
- CAÑIZARES MONTÓN, JM., ALFARO GONZÁLEZ, J., VALVERDE CANTERO, D., MARTÍNEZ CARPINTERO, J. A. y PÉREZ GONZÁLEZ, P. E. (2017). "Experiencia docente de integración de metodología BIM para el concurso BIM VALLADOLID 2016". Begoña Fuentes e Inmaculada Oliver en The international BIM conference, EUBIM 2017. Valencia. EUBIM. pp. 86-95. ISBN: 978-84-9048-623-8.
- EPCu, POLITÉCNICA DE CUENCA. Grado Ingeniería de Edificación. <<https://www.uclm.es/cuenca/epc/gradoedificacion>> [Consulta: 11 de marzo de 2018]
- es.BIM, IMPLANTACIÓN DEL BIM EN ESPAÑA. Observatorio es.BIM. <<http://www.esbim.es/observatorio/>> [Consulta: 11 de marzo de 2018]
- GRUPO CUBIM, 2016. *Presentación equipo CuBIM 2016*. <https://www.youtube.com/watch?v=BxgYQpzL6xU&t=> [Consulta: 11 de marzo de 2018]
- GRUPO CUBIM, 2016. *Vídeo Proyecto BIMValladolid 2016. Centro de Salud La Magdalena*. <https://www.youtube.com/watch?v=fPrblfFwO3l&t=> [Consulta: 11 de marzo de 2018]
- GRUPO CUBIM, 2017. *Vídeo Proyecto BIMValladolid 2017 Casa de la Música y el Teatro*. <https://www.youtube.com/watch?v=quuzib-6Nc> [Consulta: 11 de marzo de 2018]
- OLIVER FAUBEL, I. (2015). 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. Valencia: Universitat Politècnica de València, <<https://riunet.upv.es/handle/10251/61294>> [Consulta: 11 de marzo 2018]
- 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". AEIPRO en XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos AIEPRO. Valencia. AEIPRO. pp. 2.520-2.528. ISBN: 978-84-616-0047-2.
- VALVERDE CANTERO, D., CAÑIZARES MONTÓN, JM., MÁRQUEZ VEGA, D., PÉREZ GONZÁLEZ, P. E., PESO PASCUAL, R. J. (2016). "Implementación BIM en la ESCUELA POLITÉCNICA DE CUENCA, experiencia piloto en PROYECTOS TÉCNICOS 15-16". Begoña Fuentes e Inmaculada Oliver en The international BIM conference, EUBIM 2016. Valencia. EUBIM. pp. 34-45. ISBN: 978-84-9048-252-2.

## El aula BIM de la Escuela Politécnica de Cuenca, compartir conocimientos frente a la docencia tradicional

Valverde Cantero, David<sup>a</sup>; Alfaro González, Jesús<sup>b</sup> y Pérez González, Pedro Enrique<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Escuela Politécnica de Cuenca, Grado en Ingeniería de Edificación, Departamento de Ingeniería Civil y de la Edificación, Universidad de Castilla-La Mancha, Grupo de Investigación BIM-UrbEdSo, España, david.valverde@uclm.es, <sup>b</sup>jesus.alfaro@uclm.es y <sup>c</sup>pedro.p.cbim@gmail.com.

---

### Abstract

*BIM methodology implementation in Building Engineering Degree -GIE- has been a strategic issue over last years at Escuela Politécnica de Cuenca -EPCu-. This 2017-2018 course "aula BIM EPCu" is added as a support/strengthening of it with a less rigid approach than the academic plan.*

*Aula BIM EPCu depends on the demand of the users and offers a space where to expose and share, as equals, knowledge about tools and BIM methodology. Its structure is based on three formats; TALLER as a thematic sessions with an expert who shares his knowledge on a specific topic, ASESORÍA as a punctual assistance on demand -of students and/or teachers- on specific doubts and/or as practical expansion of the subjects of GIE and OPEN DOORS, for the rest of the time, as an open space of collaborative work and with the support of an assistant student.*

*Although it's early to talk about results of this initiative, will be completed at the end of the course, it's possible to appreciate a growing interest with more specific topics and with a greater influx of both students and teachers.*

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

---

### Resumen

*La implementación de la metodología BIM en los estudios de Grado en Ingeniería de Edificación -GIE- ha sido una cuestión estratégica durante los últimos años para la Escuela Politécnica de Cuenca -EPCu-. Este curso 2017-2018 el "aula BIM EPCu" se suma como apoyo/afianzamiento de la misma desde un enfoque menos rígido que el propio del plan de estudios.*

*El aula BIM EPCu se basa en ofrecer un espacio donde exponer y compartir, de igual a igual, conocimientos sobre herramientas y metodología BIM y que funcione a demanda de los propios usuarios. Se estructura en base a tres formatos; TALLER como sesiones temáticas con un experto que comparte sus conocimientos sobre un tema concreto, ASESORÍA como asistencia puntual a demanda -de alumnos y/o profesores- sobre dudas específicas y/o como expansión práctica de las asignaturas de GIE y OPEN DOORS, el resto del tiempo, como un espacio abierto de trabajo colaborativo y con el apoyo de un becario.*

*Aunque todavía es pronto para valorar los resultados de esta iniciativa, que se completará en este curso, sí que se puede apreciar un interés creciente tanto cualitativa como cuantitativamente con temática más específica y con una mayor afluencia tanto de alumnos como de docentes.*

**Palabras clave:** BIM, estrategias/metodologías docentes, implementación docente, universidad

## **Introducción**

La metodología BIM gana fuerza día a día en el panorama profesional de la construcción (es.BIM, 2018) y las previsiones, incluso las más conservadoras, indican que el mercado laboral necesitará incorporar perfiles que dominen las herramientas propias de la citada metodología y, lo que es más importante, capaces de integrarse en entornos colaborativos multidisciplinares.

Desde la Escuela Politécnica de Cuenca -EPCu- se identificó como un factor prioritario/diferencial la formación de sus futuros Graduados en Ingeniería de Edificación -GIE- (EPCu, 2018) bajo metodología BIM con un especial interés en su aplicabilidad real que garantice su óptima incorporación en el mercado laboral. El último hito en esta estrategia a corto/medio plazo sería el ambicioso Proyecto de Innovación Docente -PID- "Implementación de la metodología BIM en GIE para el curso 2017-2018" actualmente en desarrollo.

Dentro de este contexto surge la iniciativa "aula BIM EPCu" como apoyo/afianzamiento a la implementación docente de BIM desde un enfoque menos rígido que el propio de las asignaturas del plan de estudios.

### **1. Objetivos**

El objetivo propio del aula BIM EPCu es el de facilitar un espacio abierto donde exponer y compartir, de igual a igual, conocimientos sobre herramientas y metodología BIM que funciona a demanda de los propios usuarios. Además ese espacio debe de servir, de forma paralela pero no sustitutiva, a la implementación BIM en las asignaturas regladas en el plan de estudios.

Por otro lado el objetivo de la presente comunicación es el de analizar/reflexionar sobre los resultados obtenidos en este primer cuatrimestre de aula BIM y compartirlos con el resto de la comunidad educativa.

### **2. Desarrollo**

#### **2.1. Los estudios de GIE y el BIM en la EPCu**

La EPCu interpretó la coyuntura expuesta anteriormente como una oportunidad única para repensar no tanto lo qué enseñamos sino el cómo lo hacíamos, analizando de qué forma la metodología BIM podía vertebrar el plan de estudios de GIE (Oliver, 2015) y condicionar sus 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 una primera comisión BIM-EPCu para el estudio e implantación de dicha metodología en el referido plan de estudios.

Las acciones planteadas por la comisión BIM-EPCu, consciente de que los cambios necesitarían tiempo y de que las reticencias iniciales podrían ser contraproducentes, comenzaron en el curso 2015-2016 con acciones destinadas principalmente a la formación del profesorado y a sentar las bases necesarias que generaran una masa crítica suficiente entre el colectivo de profesores y alumnos (EPCu, 2015) capaz de producir a corto-medio plazo un efecto dinamizador en el citado proceso de implementación BIM. También se fomentó, de forma paralela y de acuerdo a una estrategia de cambios a pequeña escala, la experimentación docente en determinadas asignaturas del segundo semestre sin menoscabo de la aplicación del plan de estudios vigente.

Actualmente nos encontramos en una fase intermedia donde la mayoría de los docentes responsables de las asignaturas conocen/han investigado en las posibilidades del BIM en su área de conocimiento y, como resultado, ya se han producido las primeras aplicaciones prácticas (Valverde et al., 2016). El siguiente paso correspondería a la integración, mediante prácticas codirigidas, de las distintas asignaturas y tendría su culmen con la realización integral de Trabajos Fin de Grado -TFG-, antes conocidos como Proyectos Fin de Grado -PFG- (Valverde, Arteaga y Alfaro, 2012), bajo metodología BIM.

#### **2.2. El Proyecto de Innovación Docente para implementación BIM en GIE**

El PID, donde se inscribe el aula BIM EPCu, aborda la implementación de la metodología BIM en el GIE para el vigente curso 2107-2018. Dicha implementación se plantea simultáneamente en los cuatro cursos del grado de forma diferenciada, con objeto de crear una secuencia lógica de trabajo que aúne el proceso constructivo

con los conocimientos que el alumno tiene que adquirir en cada curso, en relación con la materia y asignatura correspondiente. Buscando estrategias de integración de conocimientos multidisciplinares, por parte del alumnado, a partir de un mismo modelo arquitectónico que evolucionará conforme el alumno avance en las distintas materias/cursos y culminando en el TFG.

Para la puesta en práctica de este PID se cuenta con la participación de la totalidad de profesores y asignaturas involucradas en el proceso de implementación, lo que supone un esfuerzo de coordinación importante que implica a cuatro departamentos diferentes. En el desarrollo de las prácticas se elegirán modelos concretos de edificios sobre los que trabajarán los alumnos durante todo el curso, de modo que un porcentaje del trabajo práctico de cada asignatura se desarrolle sobre este mismo edificio.

Por último el PID prevé, como método de evaluación de la consecución de los objetivos, la realización de encuestas de satisfacción entre el alumnado/profesorado así como reuniones conjuntas de intercambio de valoraciones sobre la experiencia. También se tiene prevista, como recopilatorio final, la confección de una guía de prácticas dirigidas que permita integrar de forma reglada la experiencia en el proyecto de titulación.

### 2.3. Otras iniciativas BIM en la EPCu

Afortunadamente la implementación BIM propuesta en el PID no parte de cero, distintas iniciativas, tanto académicas como de investigación, se han puesto en marcha desde la infraestructura de la EPCu. Entre estas últimas destaca la creación del BIM\_LaB en el seno del recientemente creado Instituto Tecnológico de Construcción y Telecomunicación -ITCT- de la UCLM y la participación, a través del grupo CuBIM, en concursos nacionales e internacionales como BIM COMPETITION (Cañizares et al., 2017).

La participación en este tipo de concursos, lejos del ánimo competitivo, perseguía la necesidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos e impartidos por alumnos y profesores en la docencia reglada. La formación de un equipo multidisciplinar compuesto por alumnos, profesores, alumnos egresados y profesionales suponía un valor añadido al ya de por sí atrayente desafío BIM. La asignación de los distintos perfiles, la elección de aplicaciones, la definición y redefinición de los flujos de trabajo y, sobre todo, la realización de un trabajo "real" en modo colaborativo supone un enorme estímulo para los alumnos que, además, tendrá continuidad con la materialización de varios TFGs.

La diversidad en la procedencia/nivel de los participantes, lejos de constituir un problema para la organización de las actividades y procesos, ha supuesto un aliciente para los participantes. La experimentación del trabajo colaborativo en un ambiente abierto en el que lo interesa no es lo que sabes, sino lo que puedes aportar y donde el conocimiento propio es la moneda de cambio para el conocimiento adquirido, ha sido el incentivo principal para la mayor parte de los participantes

La obtención de los sucesivos premios -2º premio general, premio universidades y premio del público en BIM COMPETITION 2016 y 1er premio en la edición 2017- no hace sino reforzar el buen sabor de boca una vez concluidos la participación en los concursos. Para el profesorado, además de lo estimulante de la experiencia, participar en este tipo de desafíos supone la puesta en práctica de una metodología que inexorablemente debe entrar a vertebrar el plan de estudios del GIE y que entronca con la docencia pluridisciplinar defendida por la asignatura de TFG (Valverde, Arteaga y Alfaro, 2012). Para el futuro profesional este tipo de actividades, desarrolladas en un formato de aprendizaje plano -sin jerarquías entre profesores, alumnos, expertos y egresados- ha supuesto una experiencia muy enriquecedora dentro de su itinerario formativo, además de constituir una inmejorable manera de generar sinergias y opciones profesionales a futuro.

### 2.4. El aula BIM EPCu

Como ya se ha comentado anteriormente el aula BIM EPCu tiene la intención de ser una herramienta transversal a los discursos reglados de las asignaturas establecidas en el plan de estudios. Tratándose de la expansión de la metodología BIM, entendimos que una manera de fomentar la implementación era "no alterar" el *statu quo* ni el *confort space* de lo ya normado/establecido. También éramos conscientes de que la circunstancia de animadversión/oposición a la implantación basada en varias circunstancias/agravantes -como la carga del alumno, horario ocupado, tiempo de dedicación, superposición de actividades...- podía ser un escollo para los objetivos planteados fácil de argumentar por quienes, no quieren, no pueden, no saben o

no dejan hacer cambios en el *establishment* educativo. Por ese motivo, lo novedoso de la implantación de esta herramienta está en que es/se lleva a cabo con superposición paralela, voluntariedad, programa abierto, multidisciplinar, multinivel, ausencia de jerarquías, formato plano y, sobre todo, generosidad de los intervinientes.

Otro de los objetivos de la iniciativa, y de manera paralela al plan de comunicación propio de la EPCu, es el de maximizar la visibilización de la misma, por lo que se potenció una imagen reconocible (Fig. 1) que contribuya a generar una imagen de marca tanto a nivel regional/nacional como en redes sociales.



*Fig. 1 Logotipo aula BIM EPCu. Fuente: Valverde, D (2017)*

La elección del formato no sistemático de la impartición de conocimientos de la metodología es una manera de no encasillar la actividad y permitir su independencia de programas y contenidos. Digamos que se trata de una herramienta para complementar, pero no para instrumentalizar. De ahí su carácter abierto a toda clase de software de modelado -ARCHICAD, REVIT, SKECTH UP, EDIFICIUS, AECOSIM, ALLPLAN...-, de análisis-cálculo -PASSIVHAUS, CYPE, TEKLA...- gestión 4D, 5D -SYNCHRO, VICO OFFICE, PRESTO, ARQUÍMEDES, COSTIT...- o cualesquiera otras. Entendemos que su sistematización normada y programada, la acercaría demasiado a los intereses de asignaturas-profesores específicos.

El formato permite la inclusión de diferentes niveles de participación con áreas que se irán complementando en el desarrollo de la propia actividad. La modalidad de formato-plano en ausencia de jerarquías acerca las posiciones entre “experto-aprendiz”, así como el fundamental intercambio de papeles entre ellos, dependiendo de la materia que se trate: hoy enseño, mañana aprendo...

El aula BIM es un foro de expansión de la metodología BIM, su integración no va en contra de nada de lo ya establecido en los programas, contenidos o evaluaciones docentes, sólo va favor de difundir el conocimiento y la experimentación de una metodología aplicable a todos ellos.

#### *2.4.1. Formatos*

El aula BIM EPCu se desarrolla físicamente en un espacio específicamente habilitado/equipado para tal fin, alejado del esquema tradicional de aula y más cercano al de taller de informática con la idea de que resulte más flexible y garantice la interacción entre los asistentes. El aula tiene un horario -2 h/día- vinculado a la dedicación de un becario propio/con perfil BIM que se encarga de la gestión logística y sirve de apoyo puntual a los asistentes.

En cuanto a las modalidades de uso existen tres formatos bien diferenciados en función de los objetivos/dinámicas de las sesiones:

- TALLER, los 1<sup>os</sup>/3<sup>os</sup> miércoles del mes, planteados como sesiones temáticas donde un "experto" comparte sus conocimientos sobre un tema concreto, se compone de una breve introducción teórica de no más de media hora y una aplicación práctica de hora y media aproximadamente,
- ASESORÍA, en el resto de miércoles, como asistencia puntual y a demanda de profesores y/o alumnos sobre dudas concretas y/o como expansión práctica de las asignaturas tradicionales definidas por el plan de estudios,
- OPEN DOORS, el resto de días de la semana, como un espacio abierto de encuentro/trabajo y con el apoyo de un becario para dudas puntuales.

El acceso a todas las actividades está abierto preferentemente a cualquier alumno/profesor de la EPCu aunque, si el aforo lo permite, también pueden asistir exalumnos y cualquier otro profesional interesado en la metodología BIM y con ganas de aprender/compartir. En cualquier caso se solicita una inscripción previa para una previsión logística de espacio/equipos que garantice desarrollar las actividades en condiciones óptimas.

#### 2.4.2. Programación

Aunque la idea es que los propios usuarios generen una demanda que acabe definiendo la temática de las sesiones en este primer semestre ha sido necesaria la confección ex profeso de una programación que diera cabida al mayor número de enfoques BIM posibles.

A continuación se recopilan los principales datos de las sesiones realizadas en este primer semestre:

Tabla 1. Sesiones aula BIM EPCu 1<sup>er</sup> semestre 2017-2018. Fuente: Aula BIM EPCu (2018)

sesión	fecha	asistentes	título/temática
T_01	2017.10.04	13	"BIM polisemántico" -presentación aula BIM/introducción-
T_02	2017.10.11	11	"TCQ2000 v5.2" -presentación herramienta-
A_01	2017.10.18	13	introducción a herramienta REVIT alumnos de 1º
A_02	2017.10.22	5	introducción a modelado AUTOCAD 3D alumnos SSRR 1/2
A_03	2017.10.24	4	aplicación de REVIT a práctica de CONSTRUCCIÓN I 1/5
A_04	2017.10.30	5	introducción a modelado AUTOCAD 3D alumnos SSRR 2/2
A_05	2017.10.27	2	dudas EDIFICIUS/SKETCHUP/REVIT para CONSTRUCCIÓN III
A_06	2017.11.06	1	dudas REVIT para TFG
A_07	2017.11.08	4	aplicación de REVIT a práctica de CONSTRUCCIÓN I 2/5
A_08	2017.11.14	2	dudas sobre versiones en archivos de REVIT
T_03	2017.11.15	7	"estrategias de modelado para ARCHICAD"
A_09	2017.11.28	11	maquetación de planos en REVIT
A_10	2017.11.29	4	aplicación de REVIT a práctica de CONSTRUCCIÓN I 3/5
A_11	2017.11.30	2	dudas modelado DIBUJO I
A_12	2017.12.05	4	aplicación de REVIT a práctica de CONSTRUCCIÓN I 4/5
A_13	2017.12.18	2	dudas maquetación póster DIBUJO I
A_14	2017.12.19	4	aplicación de REVIT a práctica de CONSTRUCCIÓN I 5/5
A_15	2017.12.19	2	dudas edición de familias DIBUJO I
T_04	2017.12.20	15	"estrategias de modelado para REVIT"
A_16	2017.12.20	2	dudas creación de familias REVIT para TFG

Del segundo semestre, todavía en curso, se pueden añadir los siguientes datos:

Tabla 2. Sesiones aula BIM EPCu 2º semestre 2017-2018. Fuente: Aula BIM EPCu (2018)

sesión	fecha	asistentes	título/temática
A_17	2018.01.10	2	dudas modelado REVIT para TFG
A_18	2018.01.22	4	dudas maquetación póster CONSTRUCCIÓN I
T_05	2018.02.07	11	"green BIM, modelado y análisis energético"
T_06	2018.02.14	14	"soluciones BIM de BENTLEY"
A_19	2018.02.20	2	planteamiento de sesiones prácticas CONSTRUCCIÓN II
T_07	2018.02.21	13	"gestión de modelo de seguridad/ salud en REVIT"
A_20	2018.02.27	2	dudas visualización imágenes REVIT
A_21	2018.02.27	2	modelado/grupos trabajo PPTT
A_22	2018.02.28	2	modelado/rejillas trabajo PPTT
A_23	2018.02.28	2	planteamiento de sesiones prácticas CONSTRUCCIÓN II
A_24	2018.03.01	2	revisión modelo para práctica CONSTRUCCIÓN II
T_08	2018.03.07	12	"caracterización del estado de conservación de edificios BIM"
A_25	2018.03.08	2	dudas concurso PLACO 2018
A_26	2018.03.12	5	practicas modelado básico REVIT alumnos SSRR
A_27	2018.03.13	5	practica modelado estructural REVIT alumnos CONSTRUCCIÓN II
A_28	2018.03.14	2	revisión modelo alumno PPTT
A_29	2018.03.15	8	dudas concurso PLACO 2018 -roberto garcía-
A_30	2018.03.20	5	2ª práctica CONSTRUCCIÓN II
T_09	2018.03.21	6	"bibliotecas de materiales BIM"
T_10	2018.04.04	12	"metodología de trabajo/ flujo colaborativo en entornos BIM"
A_31	2018.04.09	5	practicas modelado básico REVIT alumnos SSRR
A_32	2018.04.10	6	3ª práctica CONSTRUCCIÓN II
A_33	2018.04.11	4	dudas concurso PLACO 2018
A_34	2018.04.11	2	dudas modelado/ componentes REVIT
A_35	2018.04.12	2	dudas familias importadas REVIT
A_36	2018.04.12	2	dudas modelado de cubiertas REVIT
T_11	2018.04.18		"parámetros/filtros de vista en REVIT"
T_12	2018.05.09		"GIS vs BIM"
T_13	2018.05.14		"aplicaciones BIMMATE"
T_14	2018.05.16		"IFC y OPEN BIM"

### 2.4.3. Desarrollo

Con carácter general las actividades han sido presenciales, aunque han existido solicitudes/ensayos para la retransmisión de las mismas vía *streaming*, solicitudes que sin duda merecen ser estudiadas, pero sin perder la esencia de los talleres presenciales.

La demanda de actividades ha sido fundamentalmente bajo el formato de ASESORÍAS puntuales atendidas por el becario del aula BIM sobre temas muy concretos y a grupos reducidos. Por otro lado los TALLERES han sido propuestos/programados directamente por los responsables de la iniciativa intentando no coincidir con otras actividades -ciclo de conferencias, periodos de exámenes, reuniones de carácter general...-.

## 3. Resultados

Dentro de PID vigente está prevista una última fase para el curso vigente donde se llevará a cabo una monitorización de la actividades desarrolladas, fase que, previsiblemente, se culminará con una jornada de reflexión docente desde la que abordar de manera abierta/participativa la eficacia de las medidas adoptadas, el grado de implantación de las mismas y su repercusión sobre el alumnado.

Paralelamente a esta última fase del PID, y para poder analizar de forma concreta las acciones desarrolladas desde el aula BIM EPCu, se ha realizado una monitorización basada en encuestas anónimas para que los asistentes valoraran de manera general el funcionamiento de la iniciativa y de manera específica cada uno

de los TALLERES y ASESORÍAS. Los datos recopilados se cruzaron con los registros de asistencias para arrojar los datos que se muestran a continuación.

En las siguientes graficas se puede observar el perfil de los asistentes a las distintas sesiones (Fig. 2) y para un total de 113 asistentes durante el 1<sup>er</sup> semestre a los que habría que sumar, al menos, otros 134 durante el 2<sup>o</sup> semestre vigente.

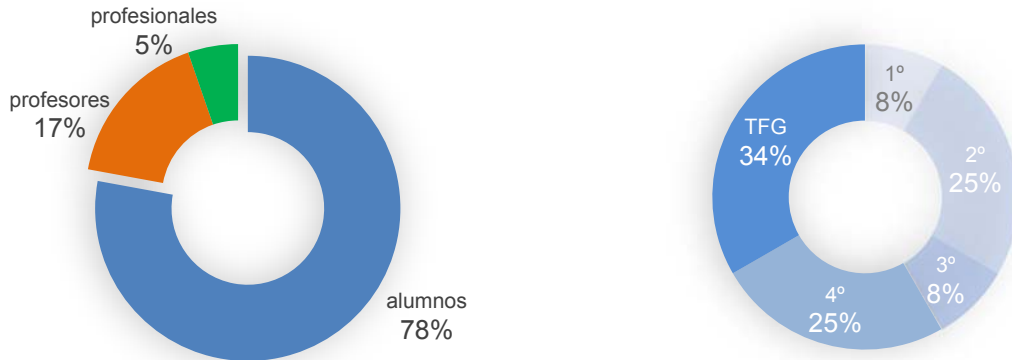


Fig. 2 Perfil de asistentes y situación académica del alumnado asistente -1<sup>er</sup> semestre 2017-2018-. Fuente: Aula BIM EPCu (2018)

Los datos recopilados muestran que los estudiantes que hacen uso del aula se encuentran distribuidos de manera homogénea a lo largo de todos los cursos, la baja asistencia de alumnos de 1º se debe a las bajas matrículas del presente curso. También cabe destacar que para los alumnos que están próximos a terminar sus estudios -alumnos de TFG- esta iniciativa ha resultado ser un potenciador y que despertado su interés por el uso de determinadas herramientas.

En cuanto a los profesores, estos se han visto apoyados por el aula mediante las ASESORÍAS en las que pueden apoyarse para sus clases haciendo que el alumno ponga en práctica con herramientas relacionadas con la metodología BIM los conocimientos adquiridos.

Con respecto a las temáticas (Fig. 3) y las herramientas utilizadas (Fig. 4) los resultados ponen de manifiesto que, por ahora y debido a que parte de los usuarios del aula se están iniciando en el mundo BIM, las herramientas más usadas son las propias para el modelado pero se prevé que en según avance el curso y en función de la demanda de los usuarios se empiece a tratar software específico relacionado con otras áreas del BIM -4D, 5D, 6D...-.

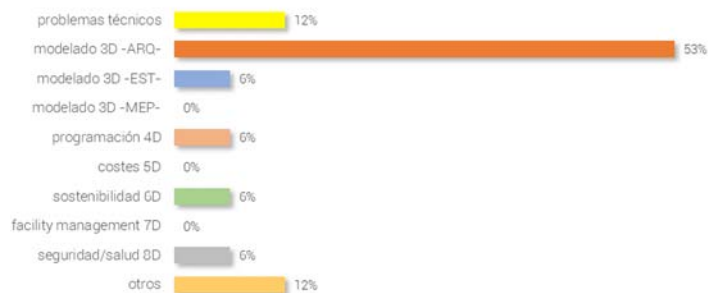


Fig. 3 Temática tratada en las ASESORÍAS -1<sup>er</sup> semestre 2017-2018-. Fuente: Aula BIM EPCu (2018)

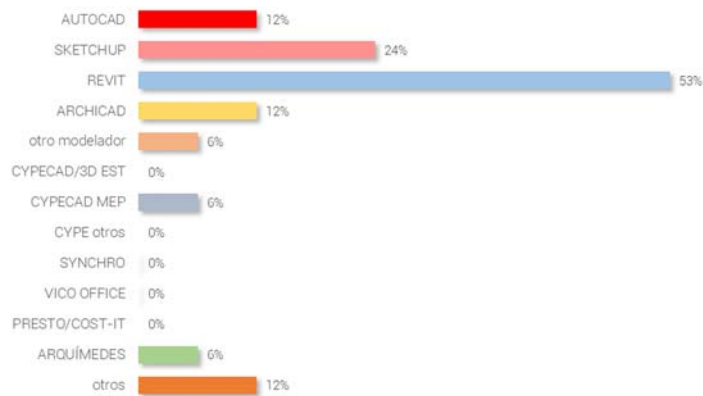


Fig.4 Herramientas usadas en las ASESORÍAS -1er semestre 2017-2018-. Fuente: Aula BIM EPCu (2018)

Por último, el análisis de las áreas docentes asesoradas (Fig. 5) muestra lecturas muy ligadas a las anteriores -temáticas/herramientas- y parecen estar vinculados a la insistencia/aplicación de metodología BIM en las asignaturas propias de cada área y, temporalmente, a la realización de TALLERES específicos.

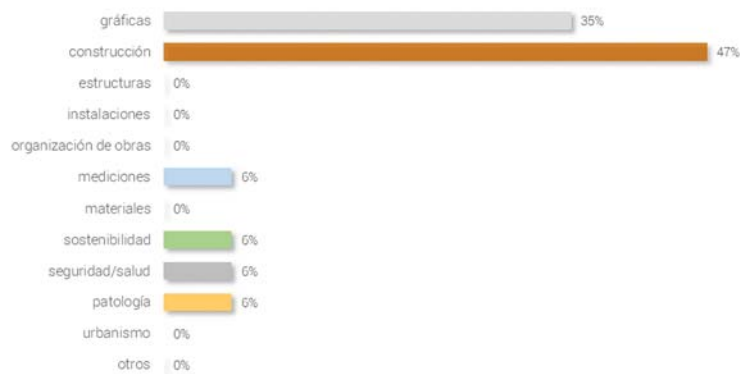


Fig.5 Áreas docentes tratadas en ASESORÍAS -1er semestre 2017-2018-. Fuente: Aula BIM EPCu (2018)

#### 4. Conclusiones

Aunque sólo podemos adelantar resultados parciales para este 1er semestre y parte del 2º para el curso 2017-2018, cabe resaltar la predisposición/buena acogida por parte del alumnado -con una nota media de 4,6 sobre 5- y también, al menos en parte, entre el profesorado. Iniciativas como esta, esperamos, deben ejercer de dinamizadoras en el proceso de adopción de metodología BIM en el plan de estudios.

También entendemos que el progreso de contenidos/adhesiones por parte de alumnos y profesores no puede ni debe ser impositivo, sino que más bien se trata de una "imparable expansión en mancha de aceite". La evolución de los índices de asistencia así lo demuestra y la ampliación de contenidos, diversidad de ponentes y ampliación de participantes a los alumnos egresados y profesionales, puede hacer de esta iniciativa una fuente de difusión, aprendizaje y testado de conocimientos, necesaria y complementaria a la formación reglada.

Nuestra iniciativa, supone una voluntad de implementación de la metodología BIM que, afortunadamente, es ajena a las voluntades de los responsables de las asignaturas. Estamos extendiendo una metodología aplicable en cualquiera de las asignaturas, lo deseable sería un entorno en el que todos estuvieran a favor y la colaboración y la participación fueran algo natural. Pero, entendiendo que esto puede que no siempre sea así, hemos diseñado un procedimiento que, sin estorbar ni imponer, permita la implementación por convencimiento y experimentación. (*Just BIM it*)

## 5. Referencias

CAÑIZARES MONTÓN, JM., ALFARO GONZÁLEZ, J., VALVERDE CANTERO, D., MARTÍNEZ CARPINTERO, J. A. y PÉREZ GONZÁLEZ, P. E. (2017). "Experiencia docente de integración de metodología BIM para el concurso BIM VALLADOLID 2016". Begoña Fuentes e Inmaculada Oliver en *The international BIM conference, EUBIM 2017*. Valencia. EUBIM. pp. 86-95. ISBN: 978-84-9048-623-8.

EPCu, POLITÉCNICA DE CUENCA. (2018). *Grado Ingeniería de Edificación*. <<https://www.uclm.es/cuenca/epc/gradoedificacion>> [Consulta: 11 de marzo de 2018]

EPCu, POLITÉCNICA DE CUENCA. (2015). *21 Ciclo de Conferencias: Panorama internacional y nacional BIM*. <[https://www.youtube.com/watch?v=ElaGjf3dHKc&list=PLR5M\\_T3Gt4tQKwuCch90JWidGp3st71Nt&index=4](https://www.youtube.com/watch?v=ElaGjf3dHKc&list=PLR5M_T3Gt4tQKwuCch90JWidGp3st71Nt&index=4)> [Consulta: 11 de marzo de 2018]

es.BIM, IMPLANTACIÓN DEL BIM EN ESPAÑA. *Observatorio es.BIM*. <<http://www.esbim.es/observatorio/>> [Consulta: 11 de marzo de 2018]

OLIVER FAUBEL, I. (2015). *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. Valencia: Universitat Politècnica de València, <<https://riunet.upv.es/handle/10251/61294>> [Consulta: 11 de marzo 2018]

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". AEIPRO en *XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos AIEPRO*. Valencia. AEIPRO. pp. 2.520-2.528. ISBN: 978-84-616- 0047-2.

VALVERDE CANTERO, D., CAÑIZARES MONTÓN, JM., MÁRQUEZ VEGA, D., PÉREZ GONZÁLEZ, P. E., PESO PASCUAL, R. J. (2016). "Implementación BIM en la ESCUELA POLITÉCNICA DE CUENCA, experiencia piloto en PROYECTOS TÉCNICOS 15-16". Begoña Fuentes e Inmaculada Oliver en *The international BIM conference, EUBIM 2016*. Valencia. EUBIM. pp. 34-45. ISBN: 978-84-9048-252-2.

## Gestión de riesgos a través de modelos BIM

Lucio-Iglesias, Daniel<sup>a</sup>; Jiménez-Abós, María Pilar<sup>b</sup>

<sup>a</sup>BSc in Civil Engineering – ineco, [daniel.lucio@ineco.com](mailto:daniel.lucio@ineco.com), <sup>b</sup>ARCH, BIM Manager – ineco, [maria.abos@ineco.com](mailto:maria.abos@ineco.com)

### Abstract

*One of the main strengths of the bim methodology is the ability to preconstruct the project in a virtual environment as well as to implement the database inherent to the virtual model itself. Nowadays the focus of these data is on the constructive aspects themselves which could leads to the following questions: Is it posible to implement within the BIM model data oriented to the construction stage and more precisely to the risks derived from that phase? Could this information be used in risk management programs through the IFC format? And finally, what should be the architecture of such data to meet the specific requirements of risk management?. This communication aims to identify the possibilities offered by risk management based on international standards such as PMBOK or Practice Standard for Project Risk Management of the Project Management Institute and the information incorporated in the BIM models for the specific processes of risk management planning such as the identification, analysis, planning of the response to them and finally, facilitating their control and mitigation.*

**Keywords:** Analysis, Construction, Engineering, IFC, Management, Montecarlo, Risks

### Resumen

*Una de las principales fortalezas de la metodología BIM es la capacidad de preconstruir el proyecto en un entorno virtual así como implementar y asegurar la base de datos inherente al propio modelo virtual. Actualmente el enfoque de dichos datos se centra en los aspectos constructivos propiamente dichos, lo cual induce a formular las siguientes preguntas: ¿Es posible implementar dentro del modelo BIM datos orientados a la fase de obra y más exactamente, de los riesgos derivados de la misma?; ¿Podría aprovecharse dicha información de los modelos en programas de gestión de riesgos a través del formato IFC? y por último, ¿Cómo habría de ser la organización de dichos datos para satisfacer los requisitos específicos de gestión de riesgos?. La presente comunicación pretende identificar las posibilidades que ofrece la gestión de riesgos basándose en estándares internacionales como PMBOK o Practice Standard for Project Risk Management de Project Management Institute y la información incorporada en los modelos BIM para los procesos específicos de planificación de la gestión de riesgos, identificación, análisis, planificación de la respuesta a los mismos para, finalmente, facilitar su control y mitigación.*

**Palabras clave:** Análisis, Construcción, Gestión, IFC, Ingeniería, Montecarlo, Riesgos

## Introducción

El riesgo, concepto definido por la Real Academia Española como “contingencia o proximidad de un daño” o bien su segunda acepción “cada una de las contingencias que pueden ser objeto de un contrato de seguro”, (Real Academia de la Lengua Española, 2018) muestra un punto de vista económico así como un tanto pesimista. Dicho enfoque se aleja del aplicado en el mundo de los proyectos. Así pues, en la guía del PMBOK, del Project Management Institute, se presenta este concepto tan abstracto de forma que se fusiona perfectamente con la gestión de proyectos:

*“El riesgo de un proyecto es un evento o condición incierta que, de producirse, tiene un efecto positivo o negativo en uno o más de los objetos del proyecto.” (PMI, 2013)*

Es destacable la inclusión del lado positivo que puede desentrañar el riesgo en un proyecto. Asimismo, es necesario prestar atención al grado de incertidumbre inherente tanto al propio concepto del riesgo como a la propia definición de proyecto ya que los riesgos del mismo tienen su origen en la incertidumbre propia de cada proyecto (PMI, 2013).

Se muestra la dualidad de los efectos de los riesgos que afectan a todo proyecto. Dichos efectos pueden ser positivos o negativos, por lo tanto existirán riesgos positivos y riesgos negativos. Para poder determinar que un riesgo positivo es una oportunidad que brinda el devenir del proyecto, éste se debe encontrar por debajo del nivel de tolerancia al riesgo que presente la figura responsable de dicho proyecto. Si es así, podrá ser tratado como una oportunidad a desarrollar que genere un mayor valor. (PMI, 2013).

Se hace más fuerte la idea de que el concepto de riesgo es completamente abstracto y propio a cada proyecto, puesto que, entre otros aspectos, la naturaleza del proyecto determinará una serie de riesgos que otra clase de proyectos no presentarían. De tal manera, un proyecto de Arquitectura no presentará los mismos riesgos que un proyecto de Ingeniería Civil o que un proyecto de Tecnologías de la Información, así pues, en un proyecto de Arquitectura o Ingeniería Civil, destacarán, por ejemplo, los riesgos debidos a información técnica deficiente tanto del entorno como de los propios materiales a emplear, como puede ser una indefinición relacionada con el tipo de armadura a emplear o una calidad paupérrima de los sondeos geotécnicos que no decreten correctamente el terreno sobre el cual se asentará el proyecto. (ITSEMAP, 2003)

Cabe destacar que no solo los riesgos técnicos o gerenciales sobrevuelan a cada proyecto, otro aspecto importante son los factores ambientales de cada stakeholder o interesado que participe en el proyecto. Se tratan, pues, de riesgos inherentes a la propia estructura, naturaleza, misión, equipo humano o técnico de cada agente participante en el proyecto. (PMI, 2013; IRM, 2013)

Habiendo presentado un enfoque generalista sobre el concepto riesgo y sus relaciones con cualquier clase de proyecto, no se debe olvidar que dicho concepto también estará estrechamente ligado a la propia metodología BIM. El mero hecho de decidir desarrollar un determinado tipo de proyecto mediante metodología BIM hace que se presenten dos principales riesgos, los cuales son los propios riesgos debidos a la implementación de dicha metodología en procesos internos de la empresa y los riesgos derivados de la aplicación de dicha metodología de trabajo colaborativo a un proyecto determinado. Esto refuerza la idea de que el riesgo es inherente a cualquier actividad dentro de cualquier tipo de proyecto. (Jiménez, 2018)

En este sentido, se ha de destacar que en las principales plantillas que conforman el documento Plan de ejecución BIM o comúnmente conocido en el mundo anglosajón por sus siglas en inglés, BEP, que responden a BIM Execution Plan, apenas se hace referencia alguna sobre los procesos a seguir para gestionar los riesgos del proyecto empleando metodología BIM (Jiménez, 2018; CPIC, 2013)

### 1. Procesos de la gestión de riesgos

Se entiende necesario profundizar en la definición propuesta por el Project Management Institute sobre la gestión de riesgos con el fin de otorgar un enfoque transversal sobre el tema previo a la presentación más técnica sobre el concepto aquí tratado y su relación con el formato estándar IFC.

Tabla 1. Procesos de la gestión de riesgos. Fuente: PMI (2013)

Proceso	Nombre
01	Planificación de la gestión de los riesgos.
02	Identificación de los riesgos.
03	Análisis cualitativo de riesgos.
04	Análisis cuantitativo de riesgos.
05	Planificación de la respuesta a los riesgos.
06	Monitoreo de los riesgos.

Analizando la tabla 1 se puede identificar cierta cronología en la sucesión de las fases. De tal modo, al comenzar todo proyecto será necesario partir desde una planificación de la gestión de los riesgos, de tal forma *“una planificación cuidadosa y explícita mejora la probabilidad de éxito de los otros procesos de gestión de riesgos”* (PMI, 2013). Como resultado de esta primera fase se genera un Plan de Gestión de Riesgos en el cual se habrán definido aspectos tan importantes como la metodología a seguir por los gestores de este tema, el reparto de roles y la atribución de las responsabilidades, las propias categorías del riesgo, las definiciones de probabilidad e impacto así como aspectos gerenciales, tales como las labores de seguimiento, calendario, presupuesto, seguimiento e integración con los stakeholders. (PMI, 2013)

En la siguiente fase se lleva a cabo la identificación de los riesgos que pueden acontecer en cualquier etapa del proyecto en estudio. Para su identificación y determinación es necesario disponer de la mayor cantidad de información posible, tanto sobre el propio proyecto como sobre los diferentes stakeholders que en él intervendrán ya que, incluso, los factores ambientales propios de cada agente interviniente en el proyecto estarán relacionados con los riesgos a estudiar en esta fase. (PMI, 2013)

Posteriormente, una vez identificados los riesgos se debe proceder a su análisis. En esta tercera fase se determina la prioridad de los diferentes tipos de riesgos, evaluando tanto su impacto como su probabilidad de materialización. Según el PMBOK, en esta fase se han de evaluar también la calidad de los datos relativos al riesgo, es decir, se ha de asumir en cierto modo, que los propios datos de riesgo pueden presentar errores, por lo cual este aspecto debe tenerse en cuenta, también, a la hora de realizar el análisis cualitativo de riesgos. Este filtrado permite reducir el nivel de incertidumbre que presenta el proyecto en las fases iniciales así como la identificación de los riesgos prioritarios. (PMI, 2013)

En la cuarta fase se lleva a cabo un análisis cuantitativo de los riesgos, para ello se analizan numéricamente los riesgos previamente identificados y ordenados en las fases previas con el fin de evaluar numéricamente su impacto sobre los objetivos del proyecto, para ello se llevan a cabo técnicas de recopilación y representación de datos, principalmente relacionados con los aspectos técnicos de cada actividad que incurre en el proyecto, asimismo se emplean técnicas de modelado y simulación, como por ejemplo el análisis de Montecarlo, basados en diferentes escenarios que son propios de cada tipo de proyecto. Las fases previas han permitido identificar los riesgos que, debido a su naturaleza, pueden afectar al proyecto, así como la clasificación de los mismos según su grado de impacto y afección sobre el proyecto. De tal modo, se debe planificar una respuesta a los mismos, la cual se lleva a cabo en esta quinta fase. Se decretan, pues, estrategias para mitigar aquellos riesgos o amenazas así como para responder a los mismos en el caso de que sucedan. Se decretan, también, estrategias enfocadas a gestionar y potenciar aquellos riesgos positivos que puedan presentar oportunidades a explotar tanto para el conjunto del proyecto como para los diferentes stakeholders. (PMI, 2013)

Ya en la última fase, la sexta, se lleva a cabo un proceso de implementación de los planes de respuesta decretados en la fase anterior con la intención de mejorar la eficiencia del enfoque de la gestión de riesgos a lo largo del ciclo de vida del proyecto. En esta última fase se supervisan, a lo largo del ciclo de vida del

proyecto, todas aquellas variables susceptibles de generar riesgo al mismo, con el fin de reevaluar, si fuera necesario, las fases anteriormente presentadas. (PMI, 2013)

### 1.1. Simulación de Montecarlo

El método Montecarlo de simulación numérica permite analizar el grado de incertidumbre y estimar su impacto sobre cualquier aspecto del proyecto mediante un análisis cuantitativo del tipo de riesgo en estudio. De tal forma, esta técnica permite evaluar los posibles resultados de las decisiones que se estudian adoptar así como su impacto sobre el proyecto en su conjunto. (PM KNOWLEDGE CENTER, 2012)

Esta herramienta matemática ejecuta repetidamente modelos aleatorios de posibles resultados, para ello emplea inputs obtenidos de una distribución de probabilidades, inherente a cualquier actividad y estimada mediante registros históricos, opiniones de expertos, acuerdos generales aceptados por la comunidad científica de la rama del conocimiento correspondiente. (Barreras, 2011)

Así, en el caso del sector AECO, un ejemplo sería el tiempo necesario para la construcción de un muro genérico, de tal modo que la distribución de probabilidades presentaría los diferentes tiempos que tardaría un equipo especializado en su ejecución. Como es lógico, las variables que afectan a la tarea de este ejemplo propiciarán que los tiempos de ejecución varíen pero no difieran en exceso, es decir, los resultados tenderán a agruparse, en su mayoría, entorno al valor que dicha actividad requiera según haya sido estimado según los aspectos mostrados anteriormente, tales como los registros históricos y las opiniones de expertos. Esto generaría una distribución de probabilidades o histograma de frecuencia que pueden ser empleadas para la simulación de este método numérico. De tal modo, el uso de distribución de probabilidades permite que la variable en estudio pueda tomar diferentes valores aleatorios al realizar la simulación. No obstante, se ha de tener presente que la simulación de Montecarlo será tan buena como la calidad de la información, así como el empeño puesto por el analista para su correcto tratamiento previo a su uso (Barreras, 2011).

En relación a las funciones de distribución de probabilidad, cabe decir que existen diferentes clases de funciones, siendo las más usuales la distribución normal, conocida como campana de Gauss, y las distribuciones triangular y uniforme. Cada variable presentará su propio histograma de frecuencia o distribución de probabilidad. (PALISADE, 2018; Barreras, 2011).

Una vez determinada la distribución de probabilidades que mejor se ajusta a cada actividad o variable que representa el marco de los escenarios, el método de Montecarlo procede a la ejecución de la simulación a lo largo de "n" repeticiones que determinarán el valor medio, esto es el valor esperado así como la desviación estándar, elemento de medida de dispersión que indica cuánto se alejan los datos en estudio de su media, generando un intervalo de confianza. (WIKIPEDIA, 2018). Cuanto mayor sea el número de repeticiones mayor será el grado de certidumbre del escenario, por lo tanto, para alcanzar un resultado matemáticamente representativo del comportamiento de la variable, será necesario llevar a cabo un elevado número de simulaciones. (Barreras, 2011)

Este método de simulación numérica permite la generación de forma rápida de numerosos escenarios representativos del comportamiento de la variable en estudio, favoreciendo la reducción de incertidumbre del propio proceso de análisis de riesgos así como la determinación de correlaciones o dependencias entre las diferentes actividades que conforman el proyecto y sus variables inherentes a cada una de ellas, favoreciendo así la toma de decisiones estratégicas por parte del analista. (Barreras, 2011; PM KNOWLEDGE CENTER, 2012)

### 1.2. IFC y el riesgo

El formato Industry Foundation Classes, IFC, publicado bajo el estándar ISO con codificación 16739 y denominado como *Industry Foundation Classes for data sharing in the Construction and Facility Management industries* presenta su propia definición de riesgo, la cual se muestra a continuación:

*"Indicación de exposición a un percance, peligro, amenaza o pérdida" (BSDD, 2018)*

Asimismo, presenta un *Property Set* el cual es un conjunto de parámetros de diferente naturaleza orientados exclusivamente a la naturaleza del asunto en estudio, en este caso, el riesgo. Dicho apartado es denominado por la BuildingSmart como Pset\_Risk. Como se puede apreciar en la tabla 2, los elementos que componen el Property Set aquí descrito permiten decretar el tipo de riesgo, su naturaleza, su causa o causas, su frecuencia de aparición, sus consecuencias en el caso de que dicho riesgo suceda, su valoración, la figura responsable del riesgo, su posible afección a aquellas personas o bienes que se encuentren en el entorno así como las medidas preventivas necesarias que impidan que dicho riesgo se materialice.

Para decretar todas las variables que componen el Pset\_Risk, la estructura IFC se sirve de etiquetas preestablecidas en el propio esquema IFC que determinan cualitativamente las principales variables, como se puede apreciar en la tabla 2. Asimismo, destacan los dos únicos campos de texto libre que otorgan cierto nivel de libertad al responsable de la gestión del riesgo permitiéndole agregar la causa del mismo así como las labores preventivas a realizar para que no se llegue a producir dicha situación de peligro.

A continuación se muestra una tabla resumen que presenta tanto la descripción de las variables como las definiciones de las etiquetas del Pset\_Risk.

Tabla 2. Variables del Pset\_Risk. Fuente: BSDD (2018)

Variable	Descripción	Tipo	Definición de la variable
RiskType	Tipo de riesgo	Etiqueta	Business, Hazard, HealthAndSafety, Insurance, NotKnown, Other, Unset
NatureOfRisk	Naturaleza del riesgo	Etiqueta	Texto libre
SubNatureOfRisk1	Subnivel 1º de la naturaleza del riesgo	Etiqueta	Texto libre
SubNatureOfRisk2	Subnivel 2º de la naturaleza del riesgo	Etiqueta	Texto libre
RiskCause	Causa del riesgo	Texto	Texto libre
AssessmentOfRisk	Frecuencia de aparición	Etiqueta	Almost Certain, Very Likely, Likely, Very Possible, Possible, Somewhat Possible, Unlikely, Very Unlikely, Rare, Other, Unknown, Unset
RiskConsequence	Consecuencia del riesgo	Etiqueta	Catastrophic, Severe, Major, Considerable, Moderate, Some, Minor, Very Low, Insignificant, Other, Unknown, Unset
RiskRating	Valoración del riesgo	Etiqueta	Critical, Very High, High, Considerable, Moderate, Some, Low, Very Low, Insignificant, Other, Unknown, Unset
RiskOwner	Responsable del riesgo	Etiqueta	Designer, Specifier, Constructor, Installer, Maintainer, Other, Unknown, Unset
AffectsSurroundings	Afecciones a personas o bienes	Booleano	Verdadero o falso
PreventiveMeasures	Medidas preventivas	Texto	Texto libre

Como se puede apreciar en la tabla 2, los elementos que componen el Property Set aquí descrito permiten decretar el tipo de riesgo, su naturaleza, su causa o causas, su frecuencia de aparición, sus consecuencias en el caso de que dicho riesgo suceda, su valoración, la figura responsable del riesgo, su posible afección a aquellas personas o bienes que se encuentren en el entorno así como las medidas preventivas necesarias que impidan que dicho riesgo se materialice.

## 2. Caso práctico: modelo de riesgos

Una vez mostrada la capacidad del formato IFC para con los riesgos, se procede a la presentación de un breve caso práctico que pretende perseguir la capacidad de generación de IFC's con esta clase de información a través de diferentes plataformas o herramientas habilitadas para la metodología BIM. De tal modo, si es posible la generación de un modelo BIM con información sobre riesgos, podría permitir el desarrollo de disciplinas transversales a todo el sector AECO, cuya esencia se base en los riesgos propios del proyecto como aquellos derivados de las actividades que a lo largo de la vida del mismo se desarrollan.

A priori, la relación que se puede establecer entre el formato IFC4 y el PMBOK del Project Management Institute no va más allá del Proceso 03, como se puede comprobar en la tabla 3.

El desarrollo de este caso práctico pretende determinar las principales fortalezas y debilidades que presenta la configuración estándar del IFC4 para con los riesgo de variada naturaleza, determinando así su grado de utilidad en la actualidad.

### 2.1. Elección del tipo de modelo

Como elementos esenciales que compusiesen el modelo del caso práctico se seleccionaron tres tipos: elemento tipo pilar, elemento tipo muro y elemento tipo forjado. El primero de ellos, se trata de un pilar de hormigón armado, para el segundo elemento se optó por muro simple de mampostería y para el tercer elemento se decidió elegir un forjado tipo unidireccional. En relación con la información incluida en las geometrías aquí descritas, exclusivamente se incluyó información relacionada con las diferentes variables que componen el Property Set, Pset\_Risk, del formato IFC4 presentado anteriormente, debido al interés en evaluar las posibilidades que presenta la configuración estándar de variables sobre riesgo del formato IFC4 mostradas en la tabla 2.

#### 2.1.1. Elección de la información a incluir según formato estándar del Pset\_Risk

Una vez analizadas las clases de variables que presenta de serie el Pset\_Risk y advirtiendo que todas ellas permiten enfocar de manera cualitativa el tipo de riesgo, se determinó arbitrariamente que dos riesgos presentasen naturaleza estructural y el tercero fuese de naturaleza temporal. Así, al forjado unidireccional se le asignó un riesgo estructural relacionado con una hipotética flecha inaceptable, al muro se le asignó otro riesgo estructural debido a una mala ejecución del mismo y por último, al pilar se le asignó un riesgo derivado del retraso en la ejecución del mismo. En la tabla 3 se recopila la información a incluir en el modelo de este caso práctico.

Tabla 3. Detalle de los datos de riesgo incluidos en el IFC y relación con PMBOK. Fuente: propia (2018)

Variable	Relación con el PMBOK		Tipo	Forjado unidireccional	Muro	Pilar
RiskType	Proceso Identificación	02	Etiqueta	Insurance	HealthAndSafety	Business
NatureOfRisk	Proceso Identificación	02	Etiqueta	Daño estructural	Daño estructural	Retraso en la ejecución
SubNatureOfRisk 1	Proceso Identificación	02	Etiqueta	Flecha intolerable	Daño a las personas	Retraso en encofrado
SubNatureOfRisk 2	Proceso Identificación	02	Etiqueta	Dimensionamiento incorrecto	Daño a bienes materiales	Retraso en hormigonado
RiskCause	Proceso Identificación	02	Texto	Diseño deficiente	Ejecución deficiente	Planificación deficiente

AssessmentOfRisk	Proceso	03	Etiqueta	Rare	Rare	VeryLikely
RiskConsequence	Proceso	03	Etiqueta	Moderate	Severe	Considerable
RiskRating	Proceso	03	Etiqueta	Considerable	Critical	VeryHigh
RiskOwner	Proceso	02	Etiqueta	Designer	Constructor	Constructor
AffectsSurroundings	Proceso	02	Booleano	True	True	True
PreventiveMeasures	Sin relación directa		Texto	Revisión del diseño	Solvencia técnica Constructora	Aplicación LEAN Construction

## 2.2. Generación del modelo de riesgos

Una vez determinadas las características geométricas del modelo que compone el caso práctico, así como la elección de las diferentes variables relativas al riesgo, se procedió a la generación del modelo que serviría como base para la inclusión de la información.

A tal efecto, se empleó el programa ARCHICAD tanto para modelar como para la gestión de la información a incluir en el IFC a exportar ya que su *IFC Project Manager* permite la inclusión de información dentro de cualquier Property Set incluido en el formato IFC seleccionado, en este caso el formato IFC4. En la figura 1 se aprecia el gestor de IFC que presenta dicha herramienta BIM.

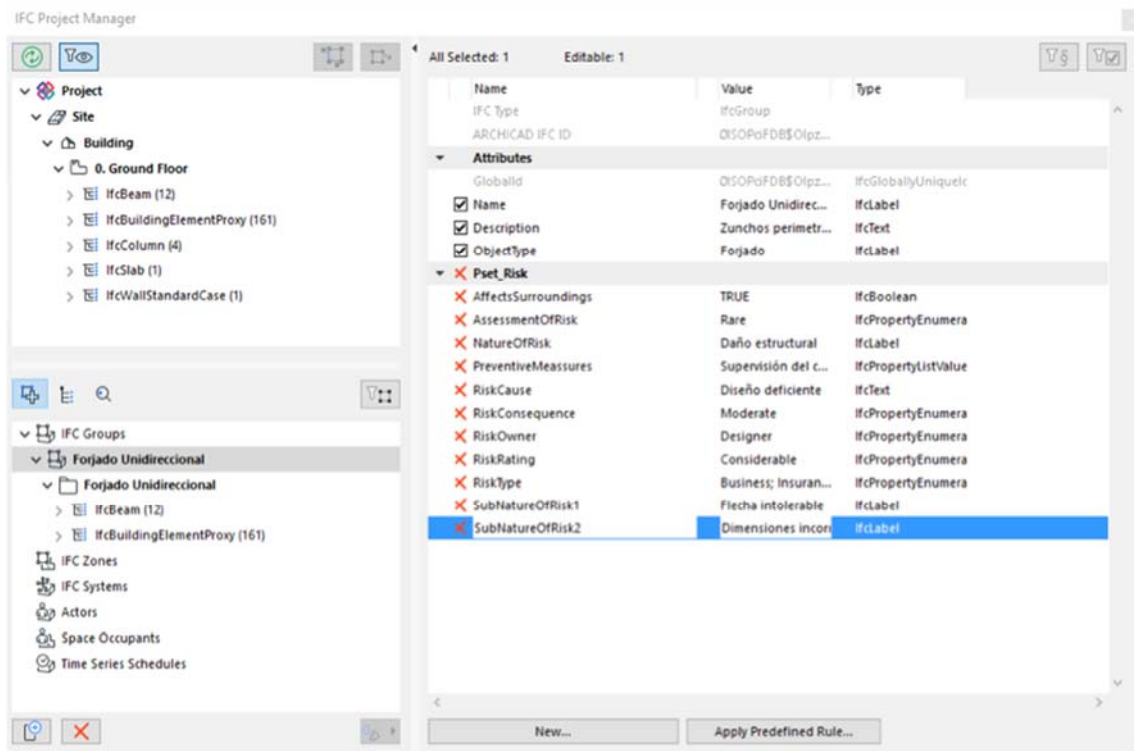


Fig. 1 IFC Project Manager. Fuente: ARCHICAD (2018)

## 2.3. Exportación a IFC y comprobación con visor gratuito

Una vez incluida la información en el correspondiente Property Set se procedió a la generación del IFC del modelo, en formato IFC4, así como su apertura en el visor gratuito BIMVISION. Esta exportación y posterior



Tabla 4. Información cuantitativa del riesgo. Elaboración propia. Fuente: MUSAAT (2013)

Elemento	Probabilidad A: Probabilidad de aparición de daño estructural según zona (Estructuras)	Probabilidad B: Probabilidad de aparición de daño estructural según el tipo de elemento estructural
Muro	0,0586	0,0663
Forjado	0,0586	0,6145

Create New IFC Property / Classification

Create new

Custom IFC Property

Property Set name: Pset\_Risk\_cuantitativo

Property name: Probabilidad B

Property type: Single Value

Value type: IfcReal

Classification Reference

Reference name:

Fig. 3 Creación nuevo IFC Property Classification. Fuente: propia (2018)

Pset_Risk	
AffectsSurroundings	Yes
AssessmentOfRisk	Rare
PreventiveMeasures	Supervisión del cálculo p
RiskCause	Diseño deficiente
RiskConsequence	Moderate
RiskOwner	Designer
RiskRating	Considerable
RiskType	Business; Insurance
SubNatureOfRisk1	Flecha intolerable
SubNatureOfRisk2	Dimensiones incorrectas
NatureOfRisk	Daño estructural
Pset_Risk_cuantitativo	
Probabilidad A	0,0586
Probabilidad B	0,6145

Fig. 4 Detalle de la información, tanto estándar como customizada, del Pset\_Risk contenida en el modelo IFC. Se aprecian los valores probabilísticos generados. Fuente: propia (2018)

### 3. Conclusiones

El Property Set de riesgos, dentro del formato IFC4, permite identificar riesgos sobre elementos del modelo BIM así como categorizarlos de forma cualitativa mediante definiciones preconfiguradas dentro del propio esquema IFC, tal como se puede apreciar en la tabla 3. Por el contrario, se ha de remarcar que no es posible emplear el esquema IFC estándar para categorizarlos. Para solventar este hecho se analizó y comprobó la posibilidad de crear parámetros numéricos (empleando los tipos de datos que permite el IFC: Ifc\_Real e Ifc\_Integer) relativos al riesgos siendo posible su creación y escritura en el modelo IFC cuando se llevó a cabo

la exportación de la geometría a dicho formato. Asimismo se pudo leer dicha información contenida en el IFC mediante diversos visores IFC, entre ellos BIMVISION, tal como se muestra en la figura 2.

Comparando la estructura del Property Set de riesgos para el formato IFC4 con los procesos de la gestión de riesgos presentados por el PMBOK se detecta que solo presenta que solo existen parámetros relativos a Identificación de Riesgos, Proceso 02 y Análisis Cualitativo, Proceso 03, tal y como se muestra en la tabla 3. Por el contrario, dicho Property\_Set no contempla parámetros para Análisis Cuantitativo, Planificación de la Respuesta ni Monitoreo de Riesgos. Esto conduce a pensar que el desarrollo del Property Set de riesgos del IFC4 se encuentra en una fase inicial, presentando oportunidades interesantes de mejora y desarrollo para aquellos agentes vinculados con esta área del conocimiento.

En relación con la asignación de riesgos a elementos dentro de la herramienta BIM empleada así como su posterior exportación a IFC y su lectura mediante un visor gratuito, se ha de destacar la posibilidad de asignación de un tipo de riesgo a un elemento tridimensional determinado, así como la asignación de un único tipo de riesgo a varios elementos organizados dentro de un grupo, por ejemplo el caso del pilar (IfcColumn) así como la asignación de un tipo de riesgo a varios elementos tridimensionales dentro de un grupo (IfcGroup). Por el contrario, no ha sido posible la asignación de varios riesgos tanto a un elemento como a un grupo de elementos, debido a que el Property Set actual solo permite la asignación de un tipo de riesgo a la vez ya que el parámetro NatureOfRisk es un parámetro de valor único.

En relación a los análisis cuantitativos de los riesgos mediante, por ejemplo, el método de Montecarlo, ha sido posible la creación e inclusión en el IFC de la información relativa a la probabilidad de aparición de daño estructural, según el documento del MUSAAT anteriormente citado. Este hecho demuestra la posibilidad de vinculación de este tipo de estadística con la propia geometría de cualquier proyecto de construcción ya que el esquema IFC permite no solo la inclusión de parámetros de tipo simple (Figura 3) sino valores tabulados y contenidos dentro de un rango determinado por el usuario. Lo cual abre la puerta al desarrollo de nuevas técnicas de gestión y análisis del riesgo inherente a cualquier construcción empleando metodología BIM ya que sería factible la generación de modelos BIM específicos de riesgos.

Habiéndose encontrado mecanismos y procesos para la inclusión de datos numéricos relativos al riesgo, para los autores del presente documento no ha sido posible encontrar un software específico enfocado a la gestión de riesgos mediante el uso de modelos BIM. Se presenta, pues, una oportunidad de desarrollo de plataformas o herramientas que permitan el análisis y seguimiento de los riesgos apoyándose en modelos IFC.

Tras haber mostrado la situación actual del formato IFC4 en relación al análisis y la gestión de riesgos, como punto de partida surgen numerosas vías de investigación relacionadas con la posibilidad de ampliación del propio Property Set mencionado. En relación al tema tratado en el presente documento, el siguiente paso a dar será la identificación de herramientas que permitan el desarrollo de una metodología BIM específica enfocada a la gestión de riesgos a través de la información contenida en los propios modelos. Queda patente el hecho de que el BIM sigue ofreciendo nichos de negocio así como oportunidades académicas interesantes para los integrantes del sector AECO.

#### 4. Referencias

ARCHICAD, Graphisoft.

BARRERAS, A. (2011). *Risk management: Monte Carlo simulation in cost estimating*. Dallas: Project Management Institute.

<<https://www.pmi.org/learning/library/monte-carlo-simulation-cost-estimating-6195>> [Consulta: 26 de febrero de 2018].

BUILDINGSMART DATA DICTIONARY, BSDD. *Official IFC Property Set, IFC4, Pset\_Risk*. <[http://lookup.bsdd.buildingsmart.com/#propertyset/view/3\\$8DG0qW0HuO00025QrE\\$V/ifcVersion/2x4](http://lookup.bsdd.buildingsmart.com/#propertyset/view/3$8DG0qW0HuO00025QrE$V/ifcVersion/2x4)> [Consulta: 27 de febrero de 2018]

CONSTRUCTION PROJECT INFORMATION COMMITTEE, CPIC. (2013). *CPIx on Line Post Contract-Award Building Information Modelling (BIM) Execution Plan (BEP)*

<[http://www.cpic.org.uk/wp-content/uploads/2013/06/cpix\\_post\\_contract\\_bim\\_execution\\_plan\\_bep\\_r1.0.pdf](http://www.cpic.org.uk/wp-content/uploads/2013/06/cpix_post_contract_bim_execution_plan_bep_r1.0.pdf)> [Consulta: 26 de febrero de 2018]

FUNDACIÓN MUSAAT, MUSAAT (2013). Análisis estadístico nacional sobre patologías en la Edificación.

<[http://www.fundacionmusaat.musaat.es/files/Doc.patologias\\_web.pdf](http://www.fundacionmusaat.musaat.es/files/Doc.patologias_web.pdf)> [Consulta: 11 de marzo de 2018]

JIMÉNEZ ABÓS, PILAR. *Gestión de Riesgos BIM*. <<https://www.linkedin.com/pulse/gestión-de-riesgos-bim-pilar-jiménez-abós/>> [Consulta: 27 de febrero de 2018]

PALISADE. *Monte Carlo Simulation*. <[http://www.palisade.com/risk/monte\\_carlo\\_simulation.asp](http://www.palisade.com/risk/monte_carlo_simulation.asp)> [Consulta: 26 de febrero de 2018]

PM KNOWLEDGE CENTER. *Monte-Carlo simulations: How to imitate a project's progress?* <[http://www.pmknowledgecenter.com/dynamic\\_scheduling/risk/monte-carlo-simulations-how-imitate-project's-progress](http://www.pmknowledgecenter.com/dynamic_scheduling/risk/monte-carlo-simulations-how-imitate-project's-progress)> [Consulta: 26 de febrero de 2018]

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, PMI (2013). "Gestión de los riesgos del proyecto" en Project Management Institute, PMI. *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. Pensilvania: Project Management Institute, Inc.

REAL ACADEMIA DE LA LENGUA ESPAÑOLA. *Diccionario de la Lengua Española*. <<http://dle.rae.es/?id=WT8tAMI>> [Consulta: 19 de febrero de 2018]

SERVICIOS TECNOLÓGICOS MAPFRE, ITSEMAP. (2003). *Informe Técnico sobre: Riesgo y seguro en la construcción de infraestructuras civiles*. Madrid

<<https://www.mapfrere.com/reaseguro/es/publicaciones-y-noticias/publicaciones/riesgo-seg-infraestructuras.jsp>>

THE INSTITUTE OF RISK MANAGEMENT, IRM. (2013). *Managing Cost Risk & Uncertainty in Infrastructure Projects Leading Practice and Improvement: Report from the Infrastructure Risk Group 2013*. Londres

<<https://www.theirm.org/media/654694/IRM-REPORTLRV2.pdf>>

WIKIPEDIA. *Desviación típica*. <[https://es.wikipedia.org/wiki/Desviación\\_t%C3%ADpica](https://es.wikipedia.org/wiki/Desviación_t%C3%ADpica)> [Consulta: 26 de febrero de 2018]

## Trabajo colaborativo BIM con Dropbox. Caso edificio ETSIE 1C UPV

Cos-Gayón\_López, Fernando<sup>a</sup>; Cerdón\_Llácer, Joan<sup>b</sup>; Sfeir, Lucas<sup>c</sup>; De la Rosa\_Morel, Endy<sup>d</sup>; Linares\_Jaquez, Yira<sup>e</sup>; Rojas\_Quispe, Cristian<sup>f</sup>; Colomer\_Chulvi, Ana Isabel<sup>g</sup>

<sup>a</sup>PhD. 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](mailto:fcosgay@csa.upv.es),

<sup>b</sup>Arquitecto Master en Edificación UPV, [joancordonllacer@gmail.com](mailto:joancordonllacer@gmail.com), <sup>c</sup>Arquitecto Universidad de Belgrano (Argentina), [lusf@edificacion.upv.es](mailto:lusf@edificacion.upv.es), <sup>d</sup>Arquitecto Universidad Autónoma de Santo Domingo (Rep. Dominicana), [endela7@edificacion.upv.es](mailto:endela7@edificacion.upv.es), <sup>e</sup>Arquitecta Universidad Autónoma de Santo Domingo (Rep. Dominicana), [yilija@edificacion.upv.es](mailto:yilija@edificacion.upv.es), <sup>f</sup>Ingeniero Civil Universidad Autónoma "Gabriel Rene Moreno" (Bolivia), [criro@edificacion.upv.es](mailto:criro@edificacion.upv.es), <sup>g</sup>Arquitecta Técnica UPV, [ancochu@edificacion.upv.es](mailto:ancochu@edificacion.upv.es)

### Abstract

*Collaborative work in interdisciplinary groups requires a suitable planning and optimization of resources for their effectiveness. Organization is complex when groups of students with different training profiles, nationalities and even different computer equipment interact. Therefore, it requires a clearly defined strategy.*

*The experience described in this communication is focused on modeling, structural analysis, virtual tours and rendering of the 1C building in the UPV, designed to be an instrument that helps the Facility Management of the building in all its facets; It has been carried out in the UPV Building Master by groups of students from more than ten different nationalities, with various degrees such as Building Engineer, Architect and Civil Engineer, and using their own computers, in order to simulate the heterogeneity and offshoring of work teams in real life.*

*The BEP used for this is presented, with the workflows and platforms used, as well as the result of this work in a large and complex public building, including the modeling of the environment, using Autodesk Revit, CypeCad and Lumi3n, and Dropbox as a cloud platform. The problems appeared in synchronization and proposed solutions are analyzed.*

**Palabras clave:** BEP, Worksharing, Management, Communication

### Resumen

*El trabajo colaborativo en grupos interdisciplinarios precisa de la planificación adecuada y la optimización de los recursos para su efectividad. Así, en grupos de alumnos con diferentes perfiles formativos, nacionalidades e, incluso, equipos informáticos diversos, se complica dicha organización, lo que requiere una estrategia definida.*

*La experiencia que se describe en esta comunicación se concreta en la modelización, cálculo estructural, recorridos virtuales y renderización del edificio 1C de la UPV, destinado a ser un instrumento que ayude al Facility Management del edificio en todas sus facetas; se ha realizado en el Master en Edificación de la UPV por grupos de alumnos de más de diez nacionalidades diferentes, con titulaciones de Arquitecto Técnico, Arquitecto e Ingeniero Civil, y utilizando sus propias computadoras, de modo que se simule la heterogeneidad y deslocalización de los equipos de trabajo en la vida real.*

*A partir del BEP utilizado, se esbozan los flujos de trabajo y plataformas utilizadas, así como el resultado de este trabajo en un edificio público, de envergadura y complejo, incluyendo el modelizado del entorno, utilizando Autodesk® Revit™, CypeCad y Lumi3n, y Dropbox como plataforma en la nube. Se analizan los problemas aparecidos en la sincronización y las soluciones propuestas.*

**Palabras clave:** BEP, Trabajo colaborativo, Management, Comunicación

## Introducción

Una de las múltiples ventajas de trabajar con la metodología BIM es el trabajo colaborativo (o worksharing, en inglés, que, de manera genérica, se refiere a trabajo compartido [1]) deslocalizado entre los diferentes usuarios de un proyecto. Actualmente existe gran cantidad de pequeños estudios y empresas que trabajan o quieren trabajar con software BIM ubicando sus modelos en la nube, bien por su localización a la hora de trabajar o bien por la capacidad de su servidor o computadoras externas al servidor.

Los principales problemas que se encuentran a la hora de dar este paso suelen ser la complejidad del proceso, la falta de este conocimiento adquirido durante su formación BIM o el coste adicional que supone subrogarse a nubes privadas con una cuota periódica.

Aun cuando el estándar de trabajo colaborativo actualmente se basa de forma indiscutible en la plataforma de Autodesk® "Revit Server" o "Collaboration for Revit", esta comunicación trata sobre un perfil de implementación algo más bajo, indicando los flujos de trabajo necesarios para el correcto funcionamiento del trabajo colaborativo en una de las nubes abiertas más utilizadas, DropBox®, y orientado a pequeños equipos, de entre 3 y 7 usuarios trabajando simultáneamente sobre el mismo modelo desde diferentes ubicaciones, y que parte de la experiencia del Máster de Edificación de la UPV, con modelado, cálculo estructural y visualización. Se adjunta, en la imagen del edificio tras modelado y tratamiento de materiales e iluminación, un QR con acceso a video con visualización y resumen de proceso (Fig. 1)

Igualmente, es interesante, exponer la interacción resultante entre Autodesk® Revit™, como software modelador BIM, CypeCAD® para el cálculo estructural y Lumion™ para la visualización 3D.



Fig 1. Imagen del video y QR para su visualización en YouTube© con resumen de resultados y procesos del caso Edificio 1C de la UPV. 2018. Elaboración propia

## 1. Worksharing en la nube

La organización, claridad y transparencia son fundamentales en el *Worksharing*. A continuación, se establecen los pasos a seguir para trabajar en equipo de forma colaborativa y la estructuración previa que conlleva este proceso.

### 1.1. ¿Qué es el Worksharing?

El trabajo en equipo o "worksharing" es la forma de trabajar en un proyecto cuando dos o más personas necesitan acceder simultáneamente al mismo archivo [2]. Aplicado en esta comunicación a la utilización de Autodesk® Revit™, esto se consigue creando un "modelo central" en una ubicación compartida, como un

servidor local, tras lo que cada usuario realiza una copia o "modelo local" en su equipo. Este modelo local es en el que se pueden realizar modificaciones, convirtiéndose en el fichero de trabajo individual.

Y es aquí donde reside la potencia del *Worksharing*, y también sus condicionantes, pues cada usuario trabaja de idéntica manera a como lo haría en un proyecto personal e individual, pero en este caso, cuando guarda, además "sincroniza" la información con el modelo central.

Esa "sincronización" de todos los usuarios es lo que va conformando el modelo central. Cuando un usuario sincroniza, envía sus modificaciones al modelo central, y a su vez, recibe los cambios que otros usuarios han realizado sobre el modelo central. Es importante precisar que el modelo central nunca se edita directamente, pues su función es mantener la sincronización de todos los cambios.

Para garantizar un trabajo colaborativo efectivo, dos usuarios no podrán editar el mismo elemento al mismo tiempo, cosa que se consigue mediante la titularidad de los subproyectos. La forma de proceder es que, si un elemento pertenece a un usuario concreto, solo él podrá editarlo, y si otro usuario necesitara modificarlo deberá lanzar una solicitud para que el propietario del elemento lo autorice, o no.

## 1.2. Importancia del BEP en el Worksharing

Como en cualquier proyecto realizado con metodología BIM, lo primero que hay que establecer son las normas de trabajo, que vendrán reflejadas en nuestro BEP (Building Execution Plan) del proyecto.

Para el trabajo colaborativo, dentro del planteado BEP se tendrán en cuenta principalmente dos conceptos: El primero es la versión utilizada de software, hecho que evitará conflictos posteriores durante el trabajo; en este caso, se utiliza Autodesk® Revit™ versión 2017 para el modelado BIM. Y el segundo, y muy importante, son los "subproyectos" que se establecen dentro del modelo central. Se considera que el mayor potencial radica en la creación "subproyectos" donde se establece una conexión entre cada archivo local generado y el central, permitiendo dividir un proyecto grande en otros más pequeños. A su vez, el programa informa de la dependencia entre estos archivos locales y las tareas que realiza cada uno de los "subproyectos" asignados, con el objetivo de que no se dupliquen trabajos. Por lo que es necesaria una organización muy clara de que partes del modelo pertenecen a cada miembro del equipo ya que habrá que pedir permiso al "propietario" de cada uno para realizar modificaciones en el mismo, hecho que se debe evitar en la medida de lo posible para no complicar el trabajo.

Para la elaboración de un BEP específico adaptado al caso práctico, se toma como referencia el "Building Information Modeling (BIM) Guidelines version 1.6" de University of Southern California (EEUU) [3].

Para la implementación y puesta en ejecución de este proyecto se plantea lo siguiente:

- Definir los roles del equipo a cargo del proyecto y a su vez determinar el protocolo de flujo de intercambio de información a través de las herramientas que determinan que la gestión sea más eficiente.
- Identificación de los objetivos durante las fases de planificación, diseño, construcción y operación del proyecto.
- Desarrollar, diseñar e identificar los procesos de ejecución para una recepción de la información efectiva, intercambio de información, creación y recolección de la documentación generada.

Se establecen, además, los principios del trabajo colaborativo, los cuales son estrictamente necesarios para el éxito de esta metodología. Para la redacción del mismo se han utilizado los siguientes apartados, desarrollando con detalle cada uno de ellos:

- Información del proyecto
- Equipo de proyecto
- Organización departamental del equipo

- Usos BIM
- Criterios LOD, indicando el nivel de detalle que queremos conseguir.
- Plataformas, en este apartado se detallan las aplicaciones utilizadas para el desarrollo del proyecto.
- Libro de estándares y terminología
- Catálogo de contenidos
- Definición de la entrega
- Flujos de trabajo. Libro de procedimientos de colaboración
- Cuadro de tareas

ROL	FUNCIÓNES	SOFTWARE
CLIENTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poner en marcha y financiar el proyecto.</li> <li>• Participar en el Common Data Environment.</li> <li>• Aprobar el proyecto.</li> </ul>	NA
YL BIM MANAGER	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liderar el uso de la metodología BIM, definir el BIM Execution Plan, facilitar el trabajo colaborativo, coordinar a los equipos de diseño.</li> <li>• Liderar al equipo del proyecto garantizando que la información del sistema BIM fluya correctamente, que los procesos se lleven a cabo correctamente y que se cumplan las especificaciones requeridas por el cliente, ya sea interno o externo.</li> <li>• Gestionar y controlar toda la información del Proyecto (modelos, dibujos, memorias, especificaciones) entre todos los colaboradores de modo a lo largo de las fases establecidas en el proyecto.</li> <li>• Gestionar los cambios del proyecto, su calidad y desarrollo.</li> <li>• Identificar y evaluar las interacciones entre los diferentes diseños del proyecto.</li> <li>• Establecer los flujos de trabajo y gestión de requisitos.</li> </ul>	AUTODESK REVIT GOOGLE SHEETS
EM MANAGER ARQUITECTURA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dirigir el Diseño Arquitectónico, aprobar la información y resultados del mismo.</li> <li>• Gestionar la comunicación entre los integrantes del equipo de arquitectura y los diferentes equipos de Diseño.</li> <li>• Garantizar que los modelos IFC se integran en el proyecto utilizando los estándares y métodos acordados.</li> </ul>	AUTODESK REVIT GOOGLE SHEETS
NT MODELADOR ARQUITECTURA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelar el diseño Arquitectónico, siguiendo lo establecido en el BIM Execution Plan.</li> <li>• Proporcionar información fundamental para el desarrollo de otros diseños del proyecto.</li> <li>• Crear visualizaciones 3D, creación de detalles constructivos.</li> <li>• Asegurar la compatibilidad del modelo IFC con el resto de diseños.</li> </ul>	AUTODESK REVIT
NG MANAGER ESTRUCTURA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dirigir el Diseño de Estructura, aprobar la información y resultados del mismo.</li> <li>• Gestionar la comunicación entre los integrantes del equipo de Estructura y los diferentes equipos de Diseño.</li> <li>• Realizar los cálculos, análisis y estudios relativos a la estructura del edificio, garantizando que los modelos...</li> </ul>	CYPE ESTRUCTURA GOOGLE SHEETS
RP MODELADOR ESTRUCTURA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelar el diseño de la estructura del edificio, siguiendo lo establecido en el BIM Execution Plan.</li> <li>• Proporcionar información fundamental para el desarrollo de otros diseños del proyecto.</li> <li>• Asegurar la compatibilidad del modelo IFC con el resto de diseños.</li> </ul>	CYPE ESTRUCTURA
LB MANAGER MEP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dirigir el Diseño de Redes, aprobar la información y resultados del mismo.</li> <li>• Gestionar la comunicación entre los integrantes del equipo de Redes y los diferentes equipos de Diseño.</li> <li>• Garantizar que los modelos IFC se integran en el proyecto utilizando los estándares y métodos acordados.</li> </ul>	CYPE MEP GOOGLE SHEETS
LC MODELADOR MEP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar el diseño de las Redes (Saneamiento, Agua Fría, Redes Eléctricas, Aire Acondicionado) siguiendo lo establecido en el BIM Execution Plan.</li> <li>• Proporcionar información fundamental para la revisión de interferencias con otros proyectos.</li> <li>• Asegurar la compatibilidad del modelo BIM con el resto de diseños.</li> </ul>	CYPE MEP

Fig. 2.- Resumen incluido en BEP con Roles, Función y Software. 2018, Elaboración propia

### 1.3. Instalación de la nube y estructuración de carpetas

Las ventajas que tiene trabajar con una nube abierta se reflejan principalmente cuando se trabaja a pequeña escala. Este es el caso de los estudios pequeños o los trabajadores autónomos. Multitud de despachos de arquitectura subcontratan servicios a agentes externos (instalaciones, renderización...) que en muchos casos suelen ser una única persona o un pequeño equipo que no tiene acceso al servidor del estudio contratante.

Una forma de implementar trabajo colaborativo es la proporcionada por Autodesk® Revit Server™, que es una de las herramientas disponibles en la Instalación de Revit™, y que, como se ha mencionado con anterioridad, es el estándar y más utilizado; pero requiere disponer de "Windows Server" como sistema operativo [4]. Esto es un inconveniente importante en pequeños estudios o técnicos independientes, pues no es habitual que sea el sistema operativo sobre el que trabajen.

Y esta es la razón por la que se plantea una alternativa abierta y disponible para cualquier usuario; buscar un proveedor de servicios en la nube y analizar cómo implementar un modo de trabajar que nos permita compartir y sincronizar la información con seguridad.

En el caso que nos ocupa, se ha seleccionado Dropbox® como servidor por dos motivos: era uno de los sistemas que ya se utilizaban como nube para datos por los usuarios, y segundo, por algunos problemas de sincronización que se dieron probando con Google® Drive™ en años anteriores, ya que de forma interna, trabaja con un sistema de datos diferente a Dropbox®, que lo hacía más inestable. Recientemente, se ha solucionado esta cuestión, pudiendo trabajar con normalidad con ambos proveedores.

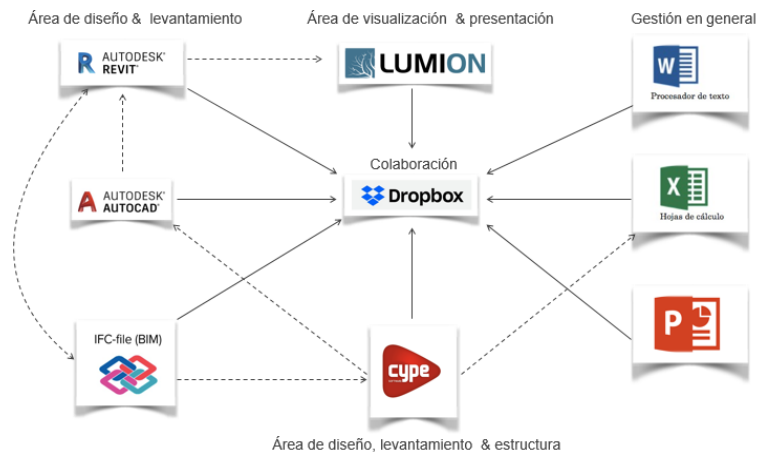


Fig 3 . Flujos de trabajo entre Software. 2018. Elaboración propia

Esto no quiere decir que se dejara de utilizar la nube principal con la que se trabajaba hasta ese momento y se cambiara todo a Dropbox®. Se puede mantener una estructura de datos de proyecto (como imágenes, documentación escrita, tablas, etc...) en la nube habitual, y tener una cuenta de Dropbox® para los ficheros de Autodesk® Revit™, como los proyectos, familias o plantillas.

Una de las cuestiones más importantes de esta comunicación es establecer una correcta instalación de la carpeta de la nube en cada PC para que no genere conflictos. Por ello, todos los partícipes del proyecto tendrán ubicada dicha carpeta en el mismo lugar de su ordenador. Pero no sirve cualquier ubicación, es preciso instalar dicha carpeta directamente en el disco duro (C:), sin carpetas previas (Fig. 4). Esto se consigue realizando una partición del mismo y nombrándolo (todos los usuarios, en todos los equipos) con la misma letra; en nuestro caso utilizamos la letra “C”.

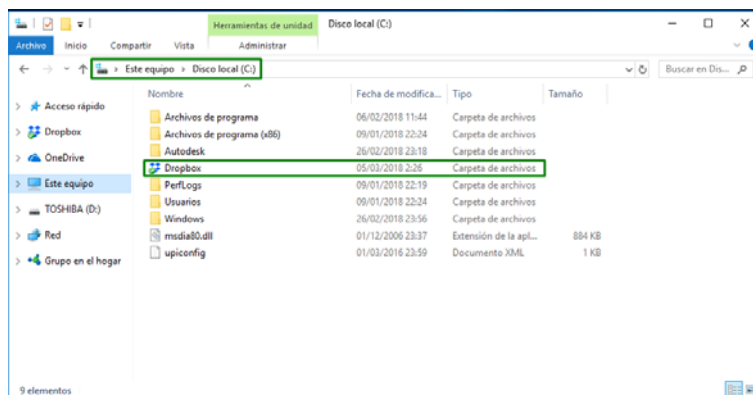


Fig 4. Ubicación de archivos. 2018. Elaboración propia

Además de esto, se crea una estructura de carpetas donde ubicar posteriormente todos los ficheros. Esta estructura de carpetas no tiene porqué ser única para todos los proyectos, se debe organizar en función de las necesidades de cada proyecto. Todo ello viene recogido en el BEP.

Generalmente, se dispondrá de una carpeta para cada proyecto, en la que se crearán carpetas a medida que evolucione el proyecto (anteproyecto, proyecto básico, proyecto de ejecución, final de obra...). Dentro de estas, se dispondrá una estructura de carpetas basada en los subproyectos estipulados en el BEP y a su vez, dentro de estas, se organizarán las carpetas en función del tipo de archivo que se va a utilizar: DWG, RVT, RFA, IFC, NWF, etc. (Fig. 5).

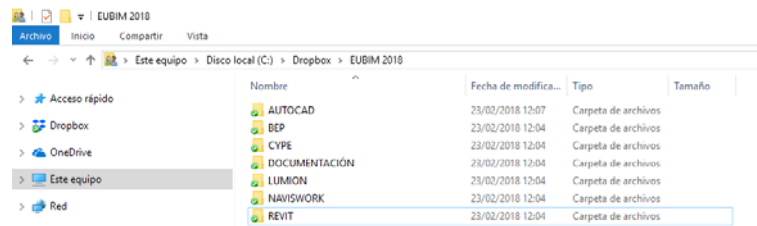


Fig 5 . Ejemplo de estructura de carpetas. 2018. Elaboración propia

Un dato importante a tener en cuenta dentro de la organización es la nomenclatura de los ficheros. Para ello, estos siempre deben empezar por su un código de tres letras, en este caso se nombra el fichero de la siguiente manera: ETS\_Proyecto.

Para los ficheros de Revit™ en concreto, se utilizará una nomenclatura particular. Se estipula en el nombre la plantilla mediante la inicial de la misma y a su vez, el año de la versión del programa utilizada para su creación. En el caso de utilizar una plantilla arquitectónica y la versión 2017 del software sería: ETS\_A17\_Proyecto.

#### 1.4. Problemática de la nube y solución

Uno de los motivos por los que no se suele trabajar en la nube con equipos muy numerosos se debe a los conflictos que se pueden generar cuando se intenta sincronizar con el modelo central varios ficheros locales al mismo tiempo. La plataforma Dropbox® funciona creando copias idénticas de nuestro fichero central en cada ordenador, de modo que, al sincronizar simultáneamente, no detecta que copia tiene prioridad sobre la otra. Esto hace que el archivo de al menos uno de los miembros queda corrupto y su trabajo se pierde [4].

En cualquier caso, cuando se trabaje con este tipo de plataformas se debe evitar, en la medida de lo posible, las solicitudes de edición entre elementos de diferentes subproyectos para reducir al máximo cualquier conflicto y trabajar de manera más ordenada, lo cual se consigue con un correcto enfoque del BEP.

Una eficaz solución a este problema de simultaneidad en la sincronización, reside en la buena comunicación entre los miembros del equipo. Para ello en un primer momento utilizamos WhatsApp, para avisar a los integrantes del equipo cuando se estaba sincronizando los ficheros locales con el modelo central. Se creó un grupo exclusivo para el aviso de sincronización, y se acordó tener el mismo sonido para la notificación del grupo, para acentuar la importancia de las notificaciones en este chat entre miembros del equipo. [4].

A fin de profesionalizar este proceso, más allá de Whatsapp, se ha trabajado con Slack®, que es una aplicación que permite comunicarse y avisar a los miembros de un equipo de lo que sucede en el proyecto (Fig. 6). Permite compartir ficheros, crear conversaciones privadas y en vinculable con Google® Drive™ o Dropbox®.

El plugin Slackit® permite avisar de: inicio y final de sincronización con el modelo central, apertura del modelo central, cierre de ficheros locales sin sincronizar y cuando los ficheros exceden los 300 Mb. Actualmente, está preparado para la versión 2015 pero es compilable a versiones posteriores del software de Autodesk® [4].

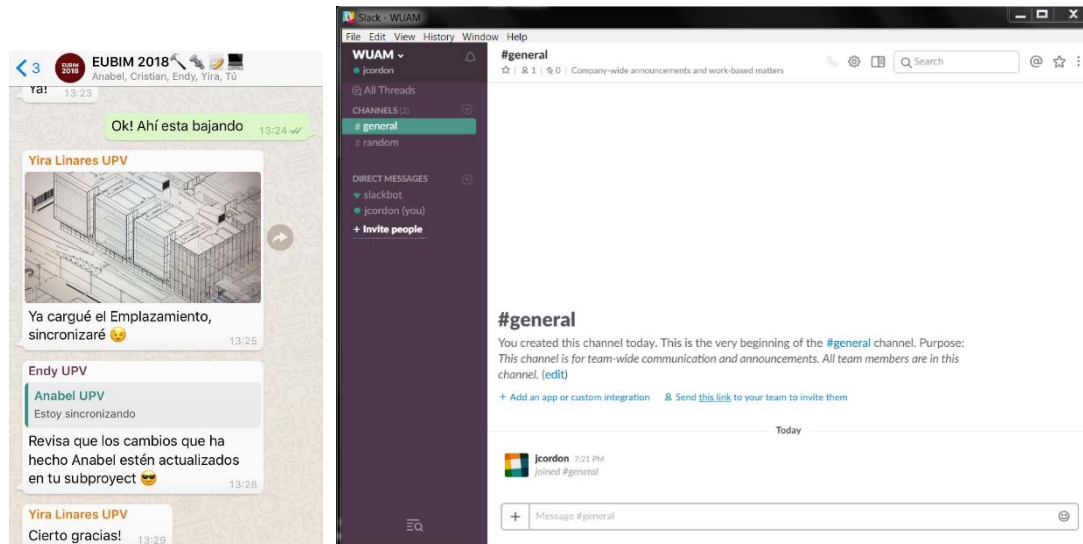


Fig 6. A la izquierda, captura de chat de WhatsApp® a la derecha, Interfaz de Slack®. 2018. Elaboración propia

## 2. Interacción AUTODESK REVIT y otros softwares

Tomando como base el trabajo que realizamos en Autodesk® Revit™, se ha potenciado el alcance del proyecto interactuando con otros softwares BIM, en el cual se ha detectado y solucionado errores en todas sus fases, obteniendo un proyecto con mejores resultados.

### 2.1. CypeCAD®

Una vez realizado el modelado arquitectónico (en Revit) para poder realizar la exportación al software de CypeCAD® se necesita realizar el modelado de pilares, losas y cubiertas ya que son los principales objetos que se exportaran.

Desde Autodesk® Revit™, se selecciona el modelo en 3D y se filtra seleccionando solo pilares, forjado, cubierta. Seguidamente, se selecciona la exportación IFC, seleccionando la última versión.

En CypeCAD®, se selecciona la introducción automática IFC y se busca e importa el archivo. Una vez realizado este paso, se tiene que configurar en el software:

- Con el modelo 3D, se verificaca que la importación está completa y es correcta.
- Se deciden los niveles a considerar.
- Se introducen las cargas y sobrecargas.
- El programa reconoce los pilares, las losas o forjados, las particiones o muros, y qué tipos de material se van a incluir, ya que automáticamente el programa establecerá el peso propio de cada elemento.
- Con todas esas configuraciones, se puede comenzar el trabajo necearios para calcular la estructura y cimentación.

### 2.2. Autodesk Navisworks

Navisworks™ es un software de Autodesk® que permite el análisis, simulación y comunicación del diseño y la construcción. De modo que, los modelos IFC de Revit™ y CypeCAD®, se importan a la aplicación, permitiendo así analizar las interferencias (modelo-estructura, modelo-instalaciones, estructura-instalaciones...), generándose un informe donde se enumeran las mismas, acompañadas con imágenes. Este tipo de herramientas es esencial para la coordinación BIM (Fig. 7).

También permite crear una planificación en tiempo real, ya que se puede representar visualmente, mediante un video, el proceso de construcción en base a dicha planificación.

	<b>Nombre</b> <b>Distancia</b> <b>Descripción</b> <b>Estado</b> <b>Punto de conflicto</b> <b>Fecha de creación</b>	Conflicto744 -0.310m Estático Nuevo -48.642m, -27.702m, -3.276m 2018/1/20 19:14:13
<b>Elemento 1</b>		
<b>Capa</b>	Forjado Sotano 2	
<b>Elemento Nombre</b>	#20652	
<b>Elemento Tipo</b>	IFCEXTRUDEDAREASOLID	
<b>Elemento 2</b>		
<b>Capa</b>	Sotano 1	
<b>Elemento Nombre</b>	Body	
<b>Elemento Tipo</b>	LcIFCRepresentationHolder	

Fig. 7. Interferencias Naviswork. 2018. Elaboración propia

### 2.3. Lumion 8

Dado que el sistema BIM facilita el desarrollo de trabajo grupal y multidisciplinar, en cualquier proyecto donde se requiera la aplicación de trabajo colaborativo. En este entorno, surgen nuevos programas y herramientas que permiten mejorar la terminación en un proyecto mediante el proceso colaborativo, es decir, elaboración y terminación de un proyecto en todas sus fases como es el caso de la interacción de Revit™ y Lumion®, herramientas que permite producir videos e imágenes de alta calidad, a partir de un modelo 3D, con un lenguaje atractivo y comprensible durante el proceso de elaboración del trabajo final para presentar al cliente, permitiendo generar infografías hiperrealistas en cuestión de segundos.

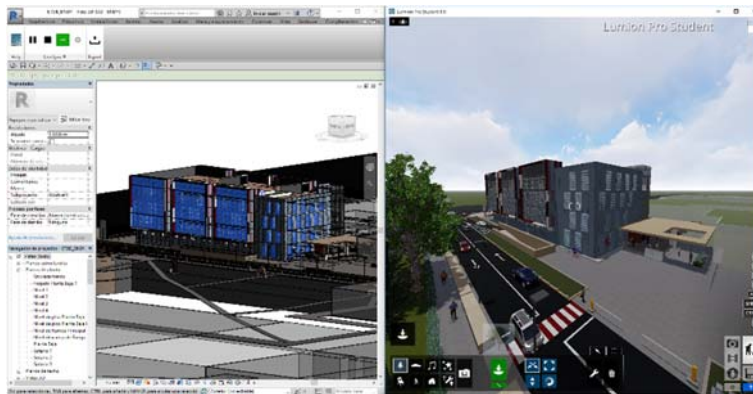


Fig 8. Interacción de Revit con Lumion a través del plugin LiveSync. 2018. Elaboración propia

Ambos programas de gestión de trabajo 3D han revolucionado la forma de trabajo en campos profesionales tales como el de la arquitectura, pues desde los primeros pasos del diseño se pueden realizar ajustes constantes en el modelo Revit™, que se reflejarán automáticamente en Lumion® mediante un plugin gratuito de Lumion® llamado LiveSync™, que permite ver los cambios de Revit™ creando una conexión en tiempo real en un entorno fotorrealista que nos ofrece Lumion®, obteniendo visualización instantánea del proyecto mediante la sincronización (Fig. 8).

### 3. Conclusiones

**Trabajo Colaborativo (*Worksharing*).** Es el salto definitivo para la implementación BIM en una empresa o institución. Con el flujo de trabajo propuesto, una posible alternativa al estándar (Windows Server™ para poder utilizar Revit Server™), limitada a equipos de pocos miembros y proyectos pequeños, puede ser la utilización de Dropbox®.

**Software Chat en Sincronización.** Se resuelve así uno de los principales problemas del *worksharing* abierto, la sincronización simultánea desde equipos diferentes que puede corromper un fichero dejando inservible el mismo, con la pérdida de información que ello supondría. Esto, como hemos expuesto, se soluciona mediante aplicaciones como Slack (o, incluso, Whatsapp) que no son más que herramientas que nos informan de la actividad en el grupo de trabajo, pudiendo coordinar los momentos de sincronización.

**BEP (BIM EXECUTION PLAN).** Esencial especificar en el BIM Executive Plan adecuadamente este flujo de trabajo y el uso de herramientas como Google® Sheets™ para garantizar la buena gestión y productividad del grupo de trabajo del proyecto. Los objetivos alcanzados una vez redactado el BEP, han sido los siguientes:

- Definición de los roles del equipo
- Protocolo de flujo de intercambio de información
- Identificación de objetivos durante las distintas fases
- Identificación de softwares a utilizar

**Otras soluciones alternativas.** Cabe decir, que en la medida de lo posible y dependiendo del proyecto, también se podría trabajar deslocalizadamente mediante vínculos cuyos límites estén claramente definidos en un fichero plantilla que funcionaría a modo de modelo central y al cual se volcarían los datos de cada parte del proyecto. Es un método que tiene sus ventajas e inconvenientes, ya que el modo de colaborar es muy diferente al *worksharing*.

### 4. Referencias

COLLINS, (2018), Diccionario Inglés-Español.

GUERRA, I. (2013). "Worksharing a través de internet, 1ª parte: Introducción y conclusiones". Blog BIM level [en línea]. 10 Diciembre 2013. Disponible en: <http://www.bimlevel.com/2013/12/worksharing-internet.html>

USC (2012). "Building Information Modeling (BIM) Guidelines version 1.6". University of Southern California (EEUU).

LÓPEZ, Y. (2016). "Revit Architecture 2017". Anaya. 375 – 388.

MIQUEL, A. (2013). "Trabajar en red con Revit". Blog "cursorevit.com". Disponible en: <http://cursorevit.com/trabajar-en-red-revit/>

GÉMEZ, J. (2016). "Uso de Slack dentro de un flujo BIM con Revit". BIM Community. Disponible en: [https://bimcommunity.com/news/load/116/uso-de-slack-dentro-de-un-flujo-bim-con-revit/view\\_original](https://bimcommunity.com/news/load/116/uso-de-slack-dentro-de-un-flujo-bim-con-revit/view_original).

# **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON BIM**

## PONENCIA TEMA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON BIM

### Digitalizar para automatizar. Bim como hilo conductor

**Fredy Alarcón Duque<sup>a</sup>; Thierry Escudero Millet<sup>b</sup>**

<sup>a</sup>Coordinador General de BIM ENGIE España. Miembro de la Dirección Back Office Vocal en Seminarios BIM del Grupo ENGIE. Licenciado en Arquitectura de Interiores por la Universidad del Quindío. Tras su colaboración en Colombia en distintos despachos de arquitectura, así como su labor docente en AutoCAD y 3DStudio en una importante Universidad, Fredy vuela a nuestro país recabando en la empresa, a inicios del 2000 colabora con la implantación más técnica del CAD. Su estrategia de trabajo le pone al frente de los proyectos más importantes de la empresa Cerro de los Gamos, Hipódromo de la Zarzuela, Teatro Real, etc... Enseguida la dirección piensa en él, para el Relevo Generacional. En 2012 es el año en que toma definitivamente el mando del Departamento con una idea fija en la cabeza, realizar documentación gráfica con más información, Conoce el mundo BIM y no lo duda. El resto de la historia se redacta con los logros conseguidos por el Departamento. Más de 150 proyectos modelados en todo tipo de Disciplinas y Sectores. BIM ENGIE España es vocal de peso en el Grupo ENGIE. En la actualidad la compañía, le ha asignado la gestión a través de un modelo BIM de una Factoría de Motores Alemana.

<sup>b</sup>BIM Manager y Supervisor del Departamento. Responsable del I+D y Formación Interna. Técnico en Marketing y Publicidad y Programación. Tras su paso por varias ingenierías recaba en ENGIE, desarrollando y coordinando la documentación de las instalaciones de su primer proyecto importante "C.E. Las Mercedes" (120.000 m2 construidos). Después vendrían proyectos tales como el Hospital Infanta Sofía, Hotel Villamagna y Sede Repsol. En 2012 comienza con el Departamento de Delineación (ahora BIM) y tras ser designado como uno de los responsables de desarrollar las plataformas BIM en la empresa es asignado para la Sede BBVA en las Tablas. En paralelo, escribe la Guía BIM MEP Interna. Tras la unificación de las distintas disciplinas, toma el cargo de extender BIM al resto de la plantilla. Será con proyectos como Torre Europa, Renault Sevilla y AXA Méndez Álvaro, con los que ponga en funcionamiento todas las líneas desarrolladas de forma extensiva a todo el Departamento. En la actualidad, apoya y gestiona los recursos del departamento para dar apoyo a BACK OFFICE a Ejecución y a las nuevas líneas de trabajos de Gestión de activos e Instalaciones.

---

### Resumen

*Hacer que el edificio cobre vida digitalmente con BIM y convertirnos, así, en el partner global digital del cliente para su edificio, es nuestro objetivo. La implementación de datos en un modelo BIM, nos permite la digitalización de nuestros servicios durante todo el ciclo de vida del edificio. BIM nos da ese valor añadido, capturando, generando, mejorando y enriqueciendo la información de forma estructurada.*

*BIM participa en los nuevos modelos de estrategia de la empresa. Combinando nuestros activos humanos con tecnología de vanguardia, hemos creado una nueva visión sobre los servicios que podemos ofrecer. Además, hemos desarrollado fuertes relaciones con nuestros clientes, y nos enorgullecemos de nuestro enfoque integrado de servicio de "un solo interlocutor". Nuestro eslogan "BIM Believers" manifiesta la fe que tenemos en esta plataforma y figura en toda nuestra documentación tanto técnica como comercial.*

*BIM mejora la colaboración. La posibilidad de integrar y mantener la información disponible a través de BIM, promueve la colaboración entre unidades, empresas, personas y nuestros clientes. Ayuda a controlar, a todas las partes interesadas, los flujos de información durante todo el ciclo de vida de cada activo, en la fase de diseño, construcción y explotación. Es así como BIM se convierte en una operativa transversal dentro de la compañía, como enlace entre el Back Office y Front Office.*

*Actualmente nos encontramos en uno de sus mayores retos tecnológicos. Digitalizar y Gestionar una Instalación industrial. Con la idea de integrar toda la gestión en un modelo que permita monitorizarla. Una nube puntos nos servirá de apoyo para dar los primeros servicios, pero el proyecto terminará íntegramente modelado.*

*A través de soluciones como SDS Smart Digital Solutions y ENMO Energy Monitoring, software de desarrollo interno del grupo, nuestro cliente llevará, además de la Gestión de sus Activos, el control tanto de procesos como de consumos, registrados en tiempo real. En este Proyecto, impulsado por ENGIE España, participa todo el grupo BIM ENGIE Europe.*

*Haciendo lo invisible visible, la nueva puesta en servicio fideliza al cliente. Proporcionando las ventajas actuales de esta plataforma y dejándolo preparado para todos los avances. Presente y futuro en las manos de nuestros cliente.*

*Re-comisioning como palabra clave. Renovación y actualización de los edificios existentes. Relanzar todo: actualizar documentación, valorar la situación actual, diseñar mejoras, ejecutar e implementar sistemas de gestión. Y así evitar sistemas obsoletos que causan, en ocasiones, graves perjuicios al cliente.*

*Digitalizar para automatizar. BIM como hilo conductor.*

---

## Machine Learning en modelos BIM

Núñez-Calzado, Pedro Enrique<sup>a</sup>; Alarcón-López, Ivón José<sup>b</sup> y Martínez-Gómez, David Carlos<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Núñez-Calzado, Pedro Enrique – Arquitecto – BIM Expert – C# Developer – pnunez@ibim.es; <sup>b</sup>Alarcón-López, Ivón José – Arquitecto Técnico – Consultor BIM – C# Developer – ivan@ibim.es; <sup>c</sup>Martínez-Gómez, David Carlos – Arquitecto – Consultor BIM – david@ibim.es

---

### Abstract

*Machine Learning is about creating software capable of generalizing behaviors from information provided in the form of examples, so that the computer learns progressively.*

*In the creation of a large BIM model or with a high level of definition, there are many processes in which it is necessary for the user to enter information manually.*

*To minimize the impact of time involved in this task, the article develops the application of Machine Learning techniques to the design of a project using a BIM model, so that the computer assigns parameter values directly, according to initial guidelines and the own learning process inherent in this technology.*

*Specifically, these techniques are applied to the automatic assignment of the name of the rooms in a BIM model belonging to a residential project, in the initial phases of design, with a high hit rate.*

*This type of tools achieves considerable time savings compared to a manual or semiautomatic assignment procedure.*

**Keywords:** Machine Learning, Computational BIM, Efficiency, Revit API, C#.

---

### Resumen

*Con el aprendizaje automático (del inglés, "Machine Learning") se trata de crear programas capaces de generalizar comportamientos a partir de una información suministrada en forma de ejemplos, de forma que el ordenador aprende progresivamente.*

*En la construcción de un modelo BIM de cierto tamaño o de un nivel de definición elevado, hay muchos procesos en los que es necesaria la introducción de información de forma manual por parte del usuario.*

*Para minimizar el impacto de tiempo que supone este tipo de acciones, el artículo desarrolla el procedimiento de la aplicación de técnicas de Machine Learning a la fase de diseño de un proyecto con un modelo BIM, de forma que el ordenador asigna valores de parámetros directamente, según unas directrices iniciales y el propio proceso de aprendizaje inherente a esta tecnología.*

*En concreto, se aplica a la asignación automática del nombre de las habitaciones de un modelo BIM de un proyecto de un edificio residencial, en las fases iniciales de diseño, con un alto índice de acierto.*

*Este tipo de herramientas supone un ahorro de tiempo considerable respecto a un procedimiento de asignación manual o semiautomatizado.*

**Palabras clave:** Machine Learning, Automatización BIM, Aprendizaje automático, API Revit, C#.

---

## Introducción

El “Aprendizaje Automático” (del inglés, “Machine Learning”) es un subcampo de las ciencias de la computación y una rama de la inteligencia artificial, que dota a los ordenadores de la capacidad de “aprender”. Se crean algoritmos que son capaces de desarrollar respuestas lógicas a partir de datos, en contraposición al enfoque basado en programación explícita.

El “Modelado de información de construcción” (BIM, “Building Information Modeling”) es el proceso de generación y gestión de datos de un edificio durante su ciclo de vida. El modelo BIM abarca la geometría del edificio, las relaciones espaciales, la información geográfica, así como las cantidades y las propiedades de sus componentes.

El propósito de esta comunicación es tender un puente entre ambos campos (Machine Learning y BIM), mostrando un ejemplo en el que se aplican algoritmos de aprendizaje automático a los datos de un modelo BIM, generando como resultado final la predicción automática de nuevos datos.

El problema elegido para la aplicación del aprendizaje automático es la asignación del uso (salón comedor, cocina, dormitorio, etc.) a las dependencias de una vivienda. Usualmente, dicha asignación es totalmente manual por parte del modelador. A lo largo del artículo desarrollaremos la metodología para abordar el problema y evaluaremos la bondad de la solución propuesta.

Aunque la bibliografía y referencias acerca de la tecnología BIM es extensa, al igual que en el caso del Machine Learning, no hemos encontrado muchas referencias que versen sobre la aplicación de esta última al BIM, especialmente cuando se trata de realizar predicciones en modelos BIM a partir de otros modelos.

Este artículo es una aportación al desarrollo de la tecnología de los procesos de diseño en el ámbito del sector de la construcción, en el que pensamos que el Aprendizaje Automático tendrá un papel cada vez más relevante.

Los modelos de aprendizaje automático y gráficos de los datos que se han creado para esta publicación se han realizado mediante la herramienta web bigml<sup>®</sup>, propiedad de BigML, Inc., una empresa estadounidense que ofrece servicios web de Machine Learning (<https://bigml.com/>).

## 1. Análisis previo

La asignación automática de los usos de las dependencias de una vivienda se encuadra dentro del denominado “aprendizaje supervisado”, en el que la base de conocimiento del sistema está formada por ejemplos etiquetados anteriores. Es decir, los datos de partida de los que aprenderá el algoritmo serán dependencias de la vivienda previamente etiquetadas con su uso correspondiente de forma manual.

Las técnicas que consideramos que mejor se adaptan a las premisas de este problema son el “Árbol de decisión”, la “Regresión Logística” y la “Red Neuronal”, que constituyen tres algoritmos diferentes de “Clasificación”. Sus características fundamentales son:

- **Árbol de decisión:** el algoritmo estructura los datos de partida en forma de árbol con condiciones en cada rama, de forma que cada nodo constituye una predicción basada en las condiciones impuestas por las ramas recorridas.
- **Regresión Logística:** es similar a la clásica regresión lineal, solo que en este caso la predicción resultado es un valor (probabilidad) entre 0 y 1. Para ello se hace uso de la función logística, cuya curva es en forma de S.
- **Red Neuronal:** se basa en una estructura similar a las neuronas cerebrales, en la que existen umbrales de activación de las neuronas. Se crea una estructura compleja con una entrada de datos múltiple, una salida de datos múltiple y una o varias capas ocultas de procesado.

## 2. Datos de partida

Los datos con los que “entrenar” nuestro algoritmo son una pieza fundamental del puzle. En este caso, los datos van a provenir de dos modelos de vivienda colectiva realizados con Autodesk Revit®, de más de 200 viviendas cada uno, de los que se extraerán parte de las habitaciones. Los algoritmos se han de entrenar con datos diferentes a los datos con los que se evalúa su rendimiento, para que los resultados de la evaluación sean significativos.

Entre las dos opciones de que disponemos (crear un conjunto de datos completo y dividirlo aleatoriamente entre datos de entrenamiento y datos de evaluación, o usar un modelo de viviendas como datos de entrenamiento y el otro como datos de evaluación) optamos por la opción más conservadora, que es entrenar el algoritmo con un proyecto y evaluarlo con otro diferente. De esta forma, podemos asegurar que los resultados son extrapolables a otros proyectos.

Tal y como se estructura la información de los modelos en Autodesk Revit®, existen entidades “muro”, “habitación” y “puerta”. Las entidades “habitación” poseen información acerca de la geometría de las dependencias del modelo generada a partir de los “muros”, y las entidades “puerta” permiten conocer las conexiones entre habitaciones.

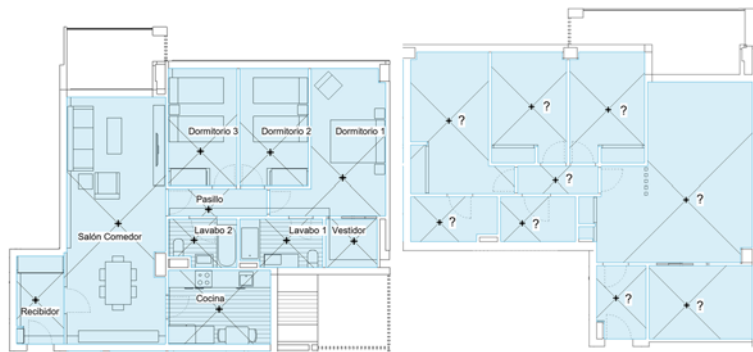


Fig. 1. A la izquierda, una de las viviendas del proyecto de entrenamiento. A la derecha, una vivienda a predecir por el algoritmo ya entrenado. Fuente: elaboración propia (2018).

La decisión de qué elementos han de modelarse para poder realizar predicciones supone un compromiso entre calidad de predicción y coste de adquisición de datos. En nuestro caso, y tras diversas pruebas previas, concluimos que para realizar una predicción razonablemente buena debíamos modelar como mínimo la tabiquería (muros), las puertas y las habitaciones.

Partiremos por tanto de un modelo con muros y puertas modelados, en el que se han generado habitaciones para las dependencias de las viviendas. Las habitaciones tendrán un parámetro que contiene su uso y cuya asignación se ha realizado manualmente. Para esta investigación hemos tomado la decisión de simplificar los usos a los más comunes: recibidor, salón comedor, cocina, pasillo, dormitorio y lavabo. Por tanto, se han eliminado los datos de usos más accesorios (terrazas, despensas y vestidores) para poder compatibilizar al máximo los datos con los que contamos.

Una transformación de los datos que conviene destacar, es que es necesario eliminar la numeración tradicional (dormitorio 1, dormitorio 2, etc.) de los datos extraídos, puesto que a efectos del algoritmo, la etiqueta ha de ser “dormitorio”, que es el “tipo” de estancia. Esto también significa que el algoritmo solo podrá predecir “dormitorio” en este caso, con lo que tendremos que realizar un postproceso automático de reenumeración de las estancias con varios ejemplares por vivienda una vez concluida la predicción.

Esta transformación puede realizarse una vez extraídos los datos, o incluso podría realizarse en el propio Revit®, si el uso se asigna a través de una tabla de claves, asignando simultáneamente otro parámetro destinado al “tipo de estancia”.

Otro aspecto importante en la elección de los datos de partida es su extensión, es decir, la cantidad de información que se extrae de los modelos. Con el fin de comparar la sensibilidad en cuanto a la extensión de la información que se posee, hemos creado dos conjuntos de datos diferentes para cada modelo. En el primero solo tenemos disponible la información que se obtiene directamente (o mediante fórmulas) en las tablas de planificación de Revit®. En el segundo añadimos información que solo puede extraerse o calcularse mediante programación en C# con la API (Application Programming Interface) de Revit® o medios similares como Dynamo®.

Etiqueta	Datos tabla planificación				Datos extraídos mediante la API de Revit®									
	Código	Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Cuadratura	Máximo caja (m)	Mínimo caja (m)	Min / Max caja	Número lados	Área / Área caja	Jerarquía	Orden por Área	Dependientes	Habitaciones Vivienda
SalonComedor	20,25	20,00	50,63	0,9002	6,40	3,60	0,5622	7	0,8795	1	0	0	9	0,2578
Dormitorio	13,80	19,94	34,50	0,7451	5,20	3,67	0,7062	18	0,7227	2	1	1	9	0,1757
Dormitorio	9,79	14,10	24,46	0,8874	4,10	2,40	0,5854	10	0,9944	2	2	0	9	0,1246
Dormitorio	9,70	14,10	24,26	0,8837	4,10	2,40	0,5854	13	0,9861	2	3	0	9	0,1235
Cocina	8,94	12,60	22,34	0,9490	4,10	2,20	0,5366	9	0,9907	1	4	0	9	0,1138
Recibidor	5,62	10,70	14,04	0,8858	2,70	2,10	0,7778	11	0,9903	0	5	8	9	0,0715
Lavabo	3,76	7,90	9,41	0,9819	2,35	1,60	0,6813	6	1,0000	3	6	0	9	0,0479
Lavabo	3,52	7,60	8,81	0,9875	2,20	1,60	0,7277	5	1,0000	2	7	0	9	0,0448
Pasillo	3,17	8,35	7,94	0,8532	3,18	1,00	0,3144	8	1,0000	1	8	5	9	0,0404

La definición de los parámetros extraídos y calculados para cada habitación es la siguiente:

- Código: es el valor del parámetro que corresponde al uso de la habitación.
- Área (m<sup>2</sup>): es la superficie de la habitación en metros cuadrados.
- Perímetro (m): es el perímetro de la habitación en metros.
- Volumen (m<sup>3</sup>): es el volumen de la habitación en metros cúbicos.
- Cuadratura: es un factor que mide lo similar que es la habitación a un cuadrado. Su valor oscila entre 0 y 1. Se calcula como la raíz cuadrada del área, multiplicada por 4 y dividida por el perímetro.
- Máximo caja (m): es la dimensión máxima del rectángulo más pequeño que puede contener la geometría de la habitación.
- Mínimo caja (m): es la dimensión mínima del rectángulo más pequeño que puede contener la geometría de la habitación.
- Min / Max caja: es el cociente entre el "mínimo caja" y el "máximo caja". Oscila entre 0 y 1.
- Numero lados: número de entidades diferentes que dan lugar al contorno de la habitación.
- Área / Área caja: es el cociente entre el área de la habitación y el área del rectángulo más pequeño que puede contener la geometría de la habitación.
- Jerarquía: es el número de habitaciones que hay que atravesar desde la entrada de la vivienda para llegar a la habitación.
- Orden por Área: es el número que ocupa dentro de la lista de habitaciones de la vivienda ordenadas por área de mayor a menor, comenzando en 0 para la habitación más grande.
- Dependientes: es el número de habitaciones al que se puede llegar desde la habitación y por las que no se ha pasado previamente para llegar a ella.

- Habitaciones Vivienda: es el número total de las dependencias de la vivienda a la que pertenece la habitación.
- Área / Área Vivienda: es el cociente entre el área de la habitación y el área de la vivienda a la que pertenece. Oscila entre 0 y 1.

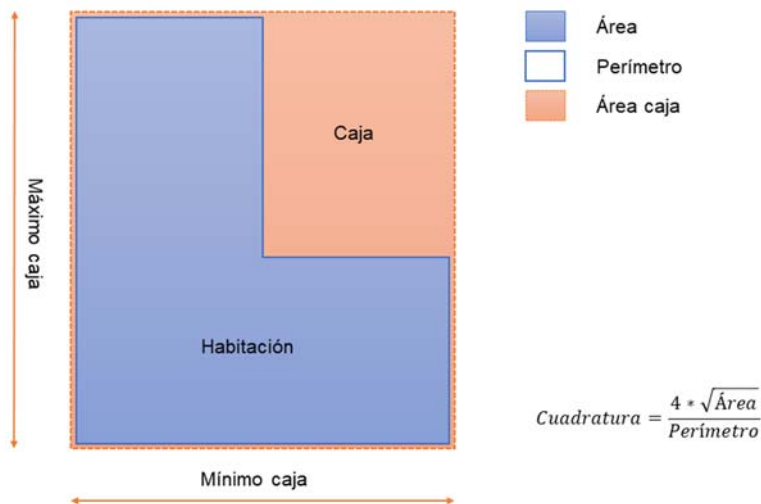


Fig. 2. Dibujo explicativo de los parámetros de una habitación. Fuente: elaboración propia (2018)

Dentro de los parámetros que se pueden obtener mediante tablas de planificación, la “Cuadratura” se calcula mediante una fórmula, estando los demás disponibles directamente en las habitaciones.

Con respecto a los datos que se han extraído mediante la API de Revit®, se ha recurrido a dos estrategias para obtenerlos. Primeramente, se obtiene la geometría de la caja envolvente de la habitación (rectángulo más pequeño que puede contener la geometría de la habitación), con lo que podemos calcular todos los parámetros relativos a ésta.

Posteriormente, tomando como base la información de las puertas (la puerta de entrada a la vivienda se distingue con un parámetro especial), somos capaces de identificar todas las unidades de vivienda y de reconstruir el árbol completo de habitaciones y conexiones de cada una, lo que nos permite generar el resto de los parámetros extraídos.

### 3. Importación de datos inicial

Tras la extracción de datos desde Autodesk Revit®, obtenemos dos archivos en formato CSV, uno de cada proyecto. Los archivos CSV (del inglés, comma-separated values) son un tipo de documento sencillo de formato texto para representar los datos en forma de tabla, en que las columnas se separan por comas o puntos y coma, y las filas por saltos de línea.

Estos datos se convierten en cuatro conjuntos de datos (dos completos y dos eliminando las columnas creadas mediante la API de Revit®). Todos constan de varios campos numéricos y un campo categórico, que se corresponde con el uso de la habitación.

Es muy importante realizar una revisión de los datos para detectar omisiones, incoherencias y errores. En nuestro contexto, podemos decir que es mejor eliminar una fila de datos (habitación), que mantener una fila con errores. La premisa fundamental es la conocida como GIGO (garbage in, garbage out), es decir, que si introducimos unos datos de entrada erróneos, no podemos esperar una predicción acertada.

Conjunto de datos	Proyecto	Campos		Filas
		Numéricos	Categóricos	
1	Proyecto 1	14	1	590
2	Proyecto 2	14	1	912
3	Proyecto 1	4	1	590
4	Proyecto 2	4	1	912

En este momento, podemos realizar alguna visualización de los datos, la cual, aunque ha de ser parcial (no se puede generar un gráfico razonable a partir de más de 4 o 5 variables), puede ayudarnos a conocer con más profundidad la estructura de los datos de que disponemos.

En las figuras Fig. 3 y Fig. 4 se muestran dos gráficos que nos parecen representativos de la capacidad que tienen los parámetros elegidos de diferenciar el uso de las dependencias. En ambos casos el uso de la habitación se representa mediante una leyenda de colores, mientras que tanto en ordenadas como en abcisas se especifica alguno de los parámetros numéricos. En este tipo de gráfico, cuanto más agrupados veamos los círculos del mismo color, significa que los parámetros que hemos elegido tienen mayor poder predictivo para clasificar el uso de la habitación.

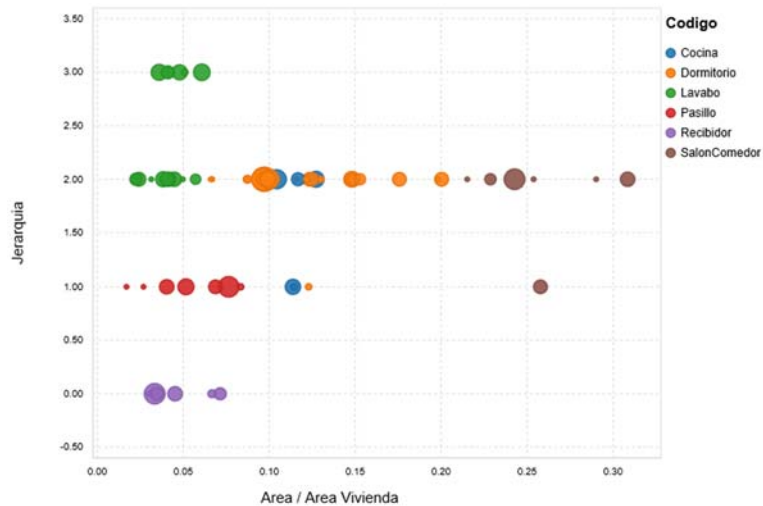


Fig. 3. Gráfico de las habitaciones del proyecto 2 según Área / Área Vivienda y Jerarquía. Fuente: elaboración propia (2018)

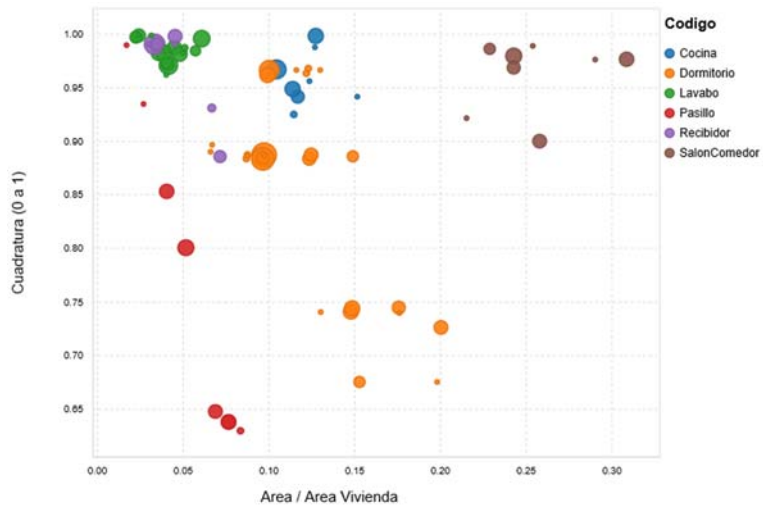


Fig. 4. Gráfico de las habitaciones del proyecto 2 según Área / Área Vivienda y Cuadratura. Fuente: elaboración propia (2018)

#### 4. Entrenamiento de los algoritmos

Una vez extraídos los datos, podemos entrenar los diferentes algoritmos con ellos y posteriormente acceder a los resultados del proceso de entrenamiento. Básicamente, cada algoritmo nos muestra cuál es su “forma de ver” los datos que le hemos introducido. La visualización que se obtiene en el caso de la Regresión Logística y la Red Neuronal es bastante parcial y no da una idea global de cómo estructura los datos el algoritmo. Sin embargo, en el caso del Árbol de decisión, la visualización es bastante descriptiva.

- **Árbol de decisión:** en este caso, podemos consultar el árbol completo (o parte de él), y situándonos en cada nodo podremos apreciar la ruta completa a través de las ramas, con su traducción en condiciones sobre los parámetros, y su predicción final de la clasificación del nodo. La clasificación de cada nodo tiene asociado un nivel de confianza:

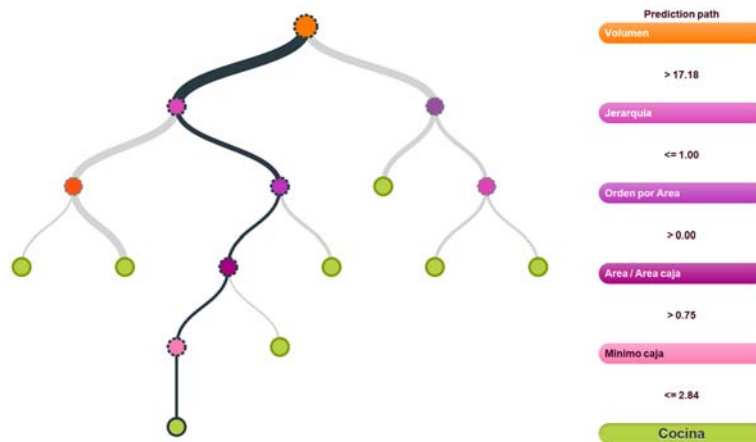


Fig. 5. Gráfico ejemplo de Árbol de Decisión. Fuente: elaboración propia (2018)

- **Regresión Logística:** como resultado del entrenamiento, podemos ver gráficas que nos muestran la probabilidad de cada uso según la variación de uno de los parámetros (en este caso el Área), manteniendo el resto de parámetros como constantes con valores elegidos por el usuario.

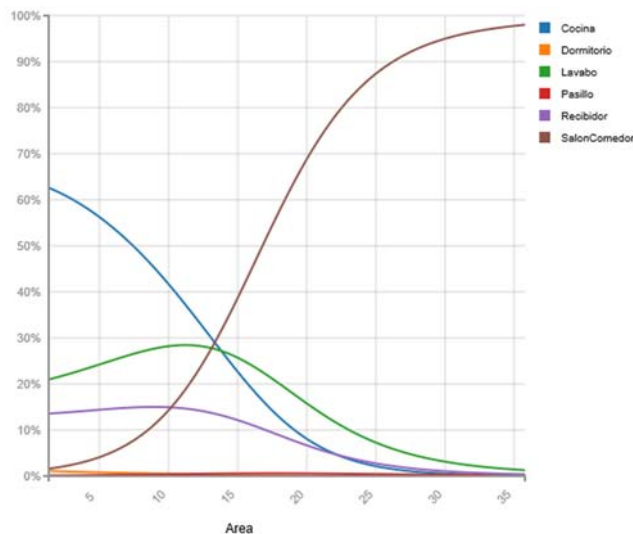


Fig. 6. Gráfico ejemplo de resultados parciales de Regresión Logística. Fuente: elaboración propia (2018)

- **Red Neuronal:** en este caso, el gráfico nos muestra el uso en función de dos de los parámetros (jerarquía y cuadratura), manteniendo el resto como constantes con valores elegidos por el usuario.

## 5. Evaluación de los algoritmos

El siguiente paso dentro del proceso es la evaluación de la capacidad predictiva de los algoritmos ya entrenados. Para ello, hacemos una predicción con el algoritmo sobre el conjunto de datos de evaluación (como si no estuviese ya asignado el resultado) y posteriormente comparamos la predicción con los valores reales asignados.

En nuestro caso concreto, para evaluar el algoritmo entrenado con los datos del proyecto 1, usaremos el algoritmo para predecir los usos de las habitaciones del proyecto 2 y compararemos la predicción obtenida con la asignación real de las habitaciones del proyecto 2.

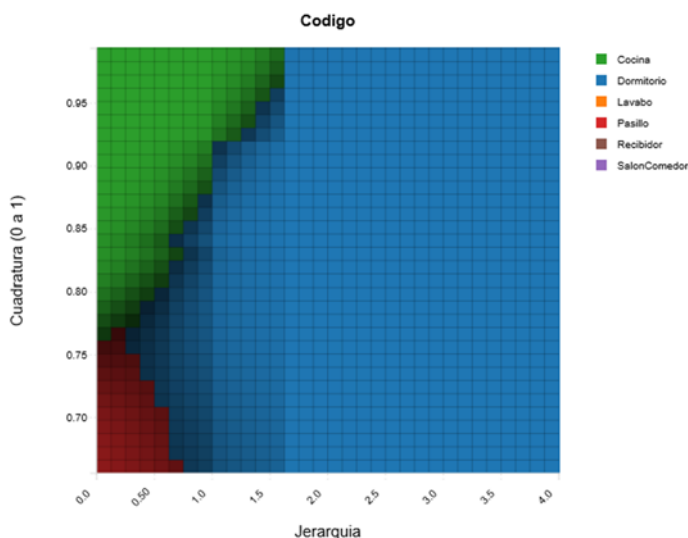


Fig. 7. Gráfico ejemplo de resultados parciales de Red Neuronal. Fuente: elaboración propia (2018)

Como resultado de la evaluación de cada algoritmo, obtendremos una “matriz de confusión” en la que se establece la comparativa entre la predicción y la realidad. A la derecha de la tabla se aprecian los coeficientes F, que van de 0 a 1 y miden la calidad de la predicción. Los aciertos están marcados en verde y los errores en rojo.

REAL \ PREDICCIÓN	Cocina	Dormitorio	Lavabo	Pasillo	Recibidor	SalonComedor	TOTAL REAL	EXHAUSTIVIDAD	F
Cocina	55	13	0	0	0	0	68	80,88%	0,8462
Dormitorio	7	188	14	0	0	2	211	89,10%	0,9126
Lavabo	0	0	136	0	0	0	136	100,00%	0,9252
Pasillo	0	0	8	60	0	0	68	88,24%	0,9302
Recibidor	0	0	0	1	38	0	39	97,44%	0,9870
SalonComedor	0	0	0	0	0	68	68	100,00%	0,9855
TOTAL PREDICCIÓN	62	201	158	61	38	70	590	EXH.MED 92,61%	F.MED 0,9311
PRECISION	88,71%	93,53%	86,08%	98,36%	100,00%	97,14%	PRE.MED 93,97%	EXACTITUD 92,37%	

La definición de los parámetros usados en la matriz de confusión es la siguiente:

- VP: verdadero positivo.
- VN: verdadero negativo.
- FP: falso positivo.
- FN: falso negativo.
- $PRECISION = VP / (VP + FP)$
- $EXHAUSTIVIDAD = VP / (VP + FN)$
- $F = 2 * (PRECISION * EXHAUSTIVIDAD) / (PRECISION + EXHAUSTIVIDAD)$
- $EXACTITUD = (VP + VN) / (VP + FP + VN + FN)$

Finalmente, se han evaluado los dos proyectos, con datos parciales (provenientes de tablas de planificación) y completos, para los tres algoritmos seleccionados.

DATOS	ALGORITMO	ENTRENAMIENTO	EVALUACIÓN	F	EXACTITUD
Completos	Árbol de Decisión	Proyecto 1	Proyecto 2	0,7248	82,0%
Completos	Red Neuronal	Proyecto 1	Proyecto 2	0,9113	93,6%
Completos	Regresión Logística	Proyecto 1	Proyecto 2	0,8122	83,2%
Completos	Árbol de Decisión	Proyecto 2	Proyecto 1	0,7728	81,4%
Completos	Red Neuronal	Proyecto 2	Proyecto 1	0,8497	84,9%
Completos	Regresión Logística	Proyecto 2	Proyecto 1	0,9311	92,4%
Parciales	Árbol de Decisión	Proyecto 1	Proyecto 2	0,7930	80,9%
Parciales	Red Neuronal	Proyecto 1	Proyecto 2	0,6808	72,4%
Parciales	Regresión Logística	Proyecto 1	Proyecto 2	0,6709	81,4%
Parciales	Árbol de Decisión	Proyecto 2	Proyecto 1	0,6630	74,1%
Parciales	Red Neuronal	Proyecto 2	Proyecto 1	0,7412	77,5%
Parciales	Regresión Logística	Proyecto 2	Proyecto 1	0,6027	80,2%

DATOS	ALGORITMO	Promedio de F	Promedio de EXACTITUD
Completos	Árbol de Decisión	0,7488	81,7%
	Red Neuronal	0,8805	89,3%
	Regresión Logística	0,8717	87,8%
Total Completos		0,8337	86,3%
Parciales	Árbol de Decisión	0,7280	77,5%
	Red Neuronal	0,7110	75,0%
	Regresión Logística	0,6368	80,8%
Total Parciales		0,6919	77,8%

En las tablas anteriores resaltamos la importancia del valor F (también denominado F-Score o F-Measure), que es la media armónica entre la PRECISION y la EXHAUSTIVIDAD, y nos ofrece una medida bastante objetiva del buen desempeño del algoritmo. Su valor oscila entre 1, que significa una predicción perfecta y 0, que es una predicción totalmente errónea.

Como podemos apreciar, con los datos completos se realizan mejores predicciones que con los datos provenientes únicamente de las tablas de planificación, por lo que merece la pena haber programado una extracción más extensa de datos con la API de Revit®. Con respecto a los algoritmos, tanto la Red Neuronal como la Regresión Logística mejoran significativamente al introducir más columnas de datos, no así el Árbol de decisión, que apenas mejora su rendimiento.

Se aprecia una cierta asimetría entre los proyectos, dado que en el proyecto 1 funciona aparentemente mejor la Red Neuronal y en el proyecto 2 la Regresión Logística. Para comprobar con mayor fiabilidad qué algoritmo es el mejor, deberíamos disponer de más proyectos con los que evaluarlos.

## 6. Uso de los algoritmos

Una vez evaluado el desempeño de los algoritmos, éstos pueden usarse para asignar (predecir) el parámetro de uso de las habitaciones en un modelo en el que todavía no está asignado, sabiendo de antemano el nivel aproximado de exactitud total que podemos esperar.

El proceso resumido sería el siguiente:

- Modelar muros, puertas y habitaciones (sin asignación del uso).
- Realizar la extracción de datos de las habitaciones con la misma técnica que hemos empleado para los datos de entrenamiento del algoritmo, excepto el Código (uso), que es el campo a predecir. El proceso de extracción incluye el cálculo de las unidades de vivienda y la asignación de las habitaciones a cada unidad como efecto colateral beneficioso.
- Con el algoritmo de elección ya entrenado, realizar la predicción del campo Código.
- Importar los resultados de la predicción en Revit® mediante un plugin, la API o Dynamo®, para asignarlos al parámetro correspondiente de las habitaciones.
- Revisar y corregir los errores manualmente si es necesaria una exactitud mayor que la proporcionada por el algoritmo.

El hecho de que tengamos una estimación de exactitud que proviene de la evaluación del algoritmo no necesariamente quiere decir que esa es la exactitud que vamos a conseguir en nuevos proyectos, aunque lo normal es que no se produzcan variaciones drásticas.

A la vista de los resultados que hemos obtenido, y para ofrecer una intuición más concreta de cómo han funcionado los algoritmos, podríamos decir que si realizamos la predicción mediante una Regresión Logística o una Red Neuronal con los datos completos, podríamos esperar un porcentaje total de acierto de entre el 80% y el 90%. A la hora de revisar manualmente los resultados, los errores más esperados son la confusión de cocinas con dormitorios (en ambos sentidos) y la catalogación de pasillos o dormitorios como lavabos.

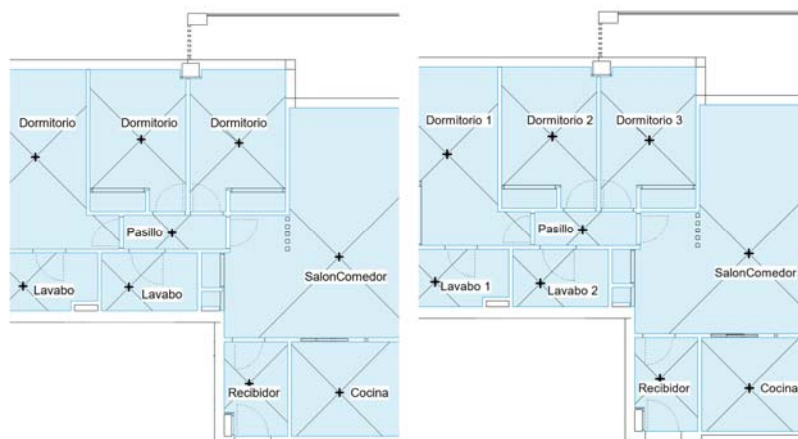


Fig. 8. Modelo de vivienda en Revit. A la izquierda, propuesta de nomenclatura de habitaciones por el algoritmo de regresión logística y a la derecha, valores finales asignados mediante programación adicional. Fuente: elaboración propia (2018)

En función de la tecnología usada para crear los modelos de predicción, entendemos que se podría llegar a integrar completamente la predicción del uso de habitaciones dentro de Revit® mediante la API.

## 7. Conclusiones

Las técnicas de Aprendizaje Automático (Machine Learning) poseen un importante potencial de aplicación en el desarrollo de modelos BIM. La aplicación de algoritmos de clasificación como los descritos permite automatizar tareas que de otra forma habrían de realizarse manualmente.

El empleo generalizado de estas herramientas, en nuestra opinión, requeriría adoptar un enfoque de los parámetros de los modelos más probabilístico y menos determinista, la adopción de medidas extraordinarias de corrección y postproceso, o ambos. Estas medidas podrían contemplar la introducción de una comprobación automática, que a partir de criterios establecidos con programación tradicional permita, al menos, detectar las viviendas en que el algoritmo ha cometido errores.

Además de la correcta elección de los algoritmos de predicción, la elección, cantidad y calidad de los datos con los que se van a entrenar estos algoritmos es la pieza clave para obtener resultados consistentes y con el suficiente potencial predictivo.

## 8. Referencias

- ALPAYDIN E. (2016). *Machine Learning: The New AI (The MIT Press Essential Knowledge series)*. USA: The MIT Press.
- BIGML. *Machine Learning made easy, beautiful and understandable*. <<https://bigml.com/>> [Consulta: 9 de marzo de 2017]
- FOREMAN J.W. (2013). *Data Smart: Using Data Science to Transform Information into Insight*. USA: Wiley.
- MURPHY K.P. (2012). *Machine Learning: A Probabilistic Perspective (Adaptive Computation and Machine Learning series)*. USA: The MIT Press.
- NG ANDREW. *Stanford University Machine Learning course*. <<https://es.coursera.org/learn/machine-learning>> [Consulta: 9 de marzo de 2017]
- PROVOST, F. y FAWCETT T. (2013). *Data Science for Business: What you need to know about data mining and data-analytic thinking*. USA: O'Reilly Media.
- REVIT. *About rooms*. <<http://help.autodesk.com/view/RVT/2018/ENU/?guid=GUID-DD74A51D-A0B0-4461-A4BA-0F9CCC191CDB>> [Consulta: 9 de marzo de 2017]
- REVIT. *Room instance properties*. <<http://help.autodesk.com/view/RVT/2018/ENU/?guid=GUID-21326970-0037-41C6-A996-980C24EE019F>> [Consulta: 9 de marzo de 2017]
- SHALEV-SHWARTZ S. y BEN-DAVID S. (2014). *Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms*. USA: Cambridge University Press
- SILVER N. (2014). *La señal y el ruido: Cómo navegar por la maraña de datos que nos inunda, localizar los que son relevantes y utilizarlos para elaborar predicciones infalibles*. España: Ediciones Península.

## Empleo de la metodología BIM en procesos de desmantelamiento de centrales nucleares

De-Paz-Sierra, Jesús<sup>a</sup>; Ballester-Muñoz, Francisco<sup>a</sup>; Rico-Arenal, Jokin<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Universidad de Cantabria, [jesus.depaz@unican.es](mailto:jesus.depaz@unican.es), <sup>b</sup>Universidad de Cantabria, [francisco.ballester@unican.es](mailto:francisco.ballester@unican.es), <sup>c</sup>Universidad de Cantabria, [Jokin.rico@unican.es](mailto:Jokin.rico@unican.es)

### Abstract

*The implementation of the BIM methodology is increasing exponentially in new construction projects. However, there are some sectors such as nuclear, where it is not used due to the high age of the plants. Furthermore, some of these infrastructures have a useful life that is coming to an end and therefore, their decommissioning must be planned. Nuclear power plants generate a high level of information. This information is associated with the large number of components, installations and physical elements. In addition, the radiological information, must be taken in to account because is different for each element and is very important for the decommissioning process. To improve the decommissioning process, a study has been carried out through the development of a BIM 3D parametrized model of the buildings, facilities and other elements of a nuclear power plant. The study has analysed the applicability of the model in the different processes that must be developed during decommissioning activities: physical inventory, radiological characterization, sampling, waste management, dismantling planning, etc. The results point out clear benefits in efficiency since with this model it is possible to perform virtual simulations, object identification, radiological information consultancy, inventory processes optimization, among other activities.*

**Keywords:** As-built, BIM, Decommissioning, Dismantling, Management, Nuclear, Parametric, Planning, Radiological

### Resumen

*La implantación de la metodología BIM está aumentando exponencialmente en proyectos de nueva construcción. Sin embargo, existen algunos sectores como el nuclear, donde no se emplea debido a la antigüedad de su diseño. Además, estas infraestructuras presentan una vida útil que está llegando en algunos casos a su fin y se debe planificar el desmantelamiento de las mismas. Las centrales nucleares contienen un elevado nivel de información que está asociada al gran número de componentes, instalaciones y elementos físicos. Además, se debe tener en cuenta, la información radiológica, que pertenece a cada uno de los elementos situados en la central y es de gran importancia en el desmantelamiento. Para mejorar el proceso de desmantelamiento se ha realizado un estudio mediante el desarrollo de un modelo 3D parametrizado BIM de los edificios, instalaciones y demás elementos de una central nuclear. El estudio ha analizado la aplicabilidad del modelo en los distintos procesos que deben llevarse a cabo durante las actividades de desmantelamiento: Inventario físico, caracterización radiológica, toma de muestras, gestión de residuos, planificación de desmantelamiento, etc. Los resultados indican una clara mejora de la eficiencia dado que con este modelo es posible realizar simulaciones virtuales, identificar objetos, consultar información radiológica, agilizar procesos de inventariado, entre otras actividades.*

**Palabras clave:** As-built, BIM, Desmantelamiento, Gestión, Nuclear, Paramétrico, Planificación, Radiológico

## Introducción

La metodología BIM en la actualidad se encuentra en una etapa de crecimiento exponencial y, en un periodo corto de tiempo, será requerida para el desarrollo de ciertos proyectos en España. Esta implementación implica una nueva forma de realizar los proyectos, una concienciación de que la forma de trabajar puede ser optimizada, haciéndola más eficiente e incurriendo en una reducción de plazos, costes e interferencias a lo largo del desarrollo de un proyecto y del ciclo de vida de una infraestructura.

Por otro lado, el sector energético nuclear, genera en torno a un 11.5% de la electricidad mundial [3] mediante complejas instalaciones que utilizan la energía proveniente de la fisión nuclear para mover las turbinas.

Aunque los modelos BIM son muy ventajosos durante las fases de operación, la antigüedad de la mayoría de estas instalaciones no hizo posible emplear esta metodología, sin embargo, las nuevas centrales que se están construyendo a lo largo del mundo utilizan modelos 3D con información durante su diseño [5] lo que facilitará su construcción y el resto de fases dentro de la vida útil de la planta.

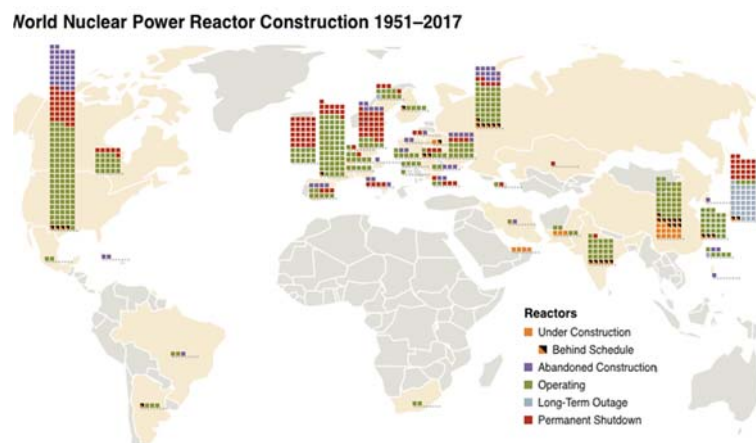


Fig. 1 Reactores nucleares en el mundo. Fuente: Pulitzer Center (2017)

La política de futuro en relación con esta fuente de energía varía de unos países a otros [9,10]. En algunos existe una tendencia al desmantelamiento mientras que en otros se está apostando por la construcción de nuevos reactores.

En España las centrales nucleares (CN) iniciaron su explotación entre 1971 y 1988. Existen un total de 7 CN con 10 reactores de los cuales, las de menor potencia y de mayor edad han cesado su operación o están en proceso de desmantelamiento. En concreto la CN de Vandellós I se encuentra en un periodo de latencia hasta el 2028, la central de José Cabrera se encuentra en proceso de desmantelamiento y la CN de Santa María de Garoña se encuentra en una fase de cese definitivo de explotación. Esto implica que, del total de la potencia generada por el sector energético nuclear, se mantiene en operación un 87%.

Tabla 1 Reactores nucleares en España en 2018. Fuente: Wikipedia (2018) [8]

Centrales Nucleares en España					
Central	Reactor	Inicio	Fin	Potencia	Estado
Almaraz	Almaraz I — PWR	1983	2021	1049 MW	Operación
	Almaraz II — PWR	1984	2023	1044 MW	Operación
Ascó	Ascó I — PWR	1984	2023	1033 MW	Operación
	Ascó II — PWR	1986	2025	1035 MW	Operación
Cofrentes	BWR-6	1984	2024	1102 MW	Operación
Vandellós	Vandellós II — PWR	1988	2027	1087 MW	Operación
	Vandellós I — GCR	1972	1989	480 MW	Periodo de latencia (2028)
Trillo	PWR	1988	2028	1066 MW	Operación
José Cabrera (Zorita)	PWR	1969	2006	160 MW	Desmantelamiento
Santa María de Garoña	BWR	1971	2012	466 MW	Cese definitivo de explotación

Debido a la época de construcción de las CN, la mayor parte de su información no fue diseñada digitalmente por lo que no existen modelos BIM o 3D de las instalaciones ya construidas.

Si bien, existen casos locales de aplicación de modelos 3D en procesos de desmantelamiento de centrales nucleares ya construidas. En concreto, en el caso de la central de José Cabrera [2], se han llegado a desarrollar modelados 3D de las zonas más relevantes de forma que se pudiesen realizar planificaciones, visualización, control y seguimiento de actividades, detectando interferencias entre elementos en fases de desmantelamiento.

Por otro lado, dando el salto a un modelo 3D parametrizado, existen referencias dentro de este sector donde se ha llegado a aplicar esta metodología para realizar pequeños estudios en zonas acotadas de centrales nucleares [1,4]. Sin embargo, no existe ningún proyecto BIM para llevar a cabo la operación o desmantelamiento de una CN completa ya construida.

## 1. Objeto del artículo

Debido a la edad de las infraestructuras del sector energético nuclear y a que la tendencia política en España se inclina hacia el desmantelamiento, el objeto del presente artículo es estudiar los distintos procesos a seguir para desarrollar un modelo 3D con información asociada a cada objeto de unas instalaciones de esta categoría y que permita mejorar plazos y costes dentro de cada una de las actividades desarrolladas en la fase desmantelamiento.

Una posible aplicación de este estudio podría compararse con la CN José Cabrera donde si el desarrollo de modelos 3D se hubiera invertido en generación de modelos BIM estos podrían haber sido útiles para muchos más procesos y tareas involucradas dentro del proceso global de desmantelamiento.

El desarrollo de este estudio generará una nueva ventana de negocio dado que el know-how adquirido podrá facilitar el desarrollo de nuevos proyectos dentro de este sector que hasta ahora permanecía ajeno a esta metodología.

## 2. Marco de estudio

En España existen tres tipos de centrales, BWR, PWR y GCR de las cuales, en la actualidad las centrales GCR (Gas Cooled Reactor) se encuentran ya desmanteladas. Por lo tanto, el estudio se centrará en las centrales tipo PWR y BWR.

Dentro de estos dos tipos de CN una de las diferencias principales recae en el número de lazos que presentan, es decir, las centrales PWR (Pressurized Water Reactor) presentan dos lazos por lo que el agua/vapor del reactor no entra en contacto con la turbina debido a que hay un segundo lazo que hace de intermediario. Las centrales BWR (Boiling Water Reactor) por el contrario, no disponen de ese segundo lazo por lo que la turbina y los sistemas que la rodean están contaminados internamente, al pasar directamente el vapor generado en el reactor a mover la turbina.

Para la realización del estudio se ha considerado una central del tipo BWR ya que, al disponer de un mayor número de componentes contaminados, el modelo BIM beneficiaría en mayor medida cada uno de los procesos de desmantelamiento ya que simplemente en la gestión de residuos permitirá ser más eficiente.

Además, el proceso realizado puede ser extrapolable a centrales tipo PWR que presentan una gran cantidad de componentes libres de contaminación.

## 3. Actividades generales en el proceso de desmantelamiento de centrales nucleares

El fin de la vida útil de una CN no implica que se dejen de llevar a cabo actividades en la misma, sino que es el inicio de otro proceso que se conoce como desmantelamiento.

El desmantelamiento de una CN puede definirse como el conjunto de acciones y procesos, tanto de carácter técnico como administrativo, que se encarga de eliminar progresivamente la radiactividad remanente que pueda permanecer en las zonas afectadas por la operación de una CN tras su cese definitivo de explotación.

En el caso de una CN, las actividades de desmantelamiento son más complejas que en otras instalaciones industriales en las que queden riesgos remanentes tras la finalización de su operación. Lo primero es evacuar los elementos combustibles gastados, donde está la mayor parte de la radiactividad generada durante la operación de la central, mientras que una pequeña parte de la radiactividad producida ha podido emigrar a lo largo del tiempo contaminando distintas partes de la instalación. Esta radiactividad que queda en la planta contiene productos radiactivos resultantes de dos orígenes:

- La fisión y activación del combustible
- La irradiación con neutrones de los materiales que forman la vasija y otros componentes del reactor

Así pues, en el desmantelamiento de CN se encuentran materiales activados y contaminados (como la propia vasija del reactor y sus componentes) y materiales contaminados superficialmente (como ciertas partes del circuito primario).

Previo al proceso de desmantelamiento es necesario efectuar un inventario físico y radiactivo de los componentes, equipos, sistemas y partes que componen la central nuclear.

- El inventario físico debe contener un listado de todos y cada uno de los componentes de los que está compuesta la central (muros, tuberías, válvulas, bombas, etc.) con todas sus características y propiedades (masa, volumen, superficie interior y exterior, material, ubicación, etc.).
- El inventario radiactivo se genera a partir de un programa de caracterización en base a una serie de medidas directas e indirectas que, junto con la historia operativa de la central, dan lugar a una asignación de contaminación (interna y externa) de cada uno de los componentes identificados en el inventario físico.

A partir del inventario físico y radiológico, se puede planificar el desmantelamiento con el objetivo de garantizar la salud de los trabajadores, del público y la protección del medio ambiente aplicando criterios ALARA (tan bajo, como sea razonablemente posible) para reducir al máximo la exposición a la radiación.

#### 4. Procedimiento de modelado de CN enfocado al desmantelamiento

Las CN presentan unas instalaciones complejas que están formadas por una gran cantidad de elementos que, a su vez, tienen asociada muchísima información que es de relevancia dentro de un proceso de desmantelamiento y otra parte de información, que no lo es. Por lo tanto, para elaborar un modelo BIM de una CN que se encuentra en fase de desmantelamiento, se debe definir correctamente el alcance de los trabajos a realizar, las tareas necesarias para su ejecución y la metodología a seguir durante el proyecto.

Esta definición de cómo se va a aplicar la metodología y los procesos, debe quedar reflejada dentro de un documento conocido como BIM Execution Plan (BEP) que evolucionará conforme avancen los trabajos.

El estudio realizado ha detectado que existen tres tareas principales de gran importancia para la ejecución correcta de los modelos BIM dentro de este sector. Para cada una de esas tareas, se identificó la necesidad de generar documentos de estandarización que contemplaban los procedimientos particulares de cada una de las sub-tareas a realizar. Estos documentos se han reflejado como anexos al BIM Execution Plan y su finalidad ha sido definir los criterios necesarios para una ejecución homogénea de los trabajos realizados por cada una de las partes.

A continuación, se detallan cada una de las tareas principales y sub-tareas asociadas indicando, con casos concretos del estudio realizado, las necesidades que han ido surgiendo conforme se avanzaba en el proyecto y por lo tanto, identificando las necesidades generales a la hora de elaborar un proyecto de estas características.

##### 4.1. Tareas previas al modelado

Las tareas previas al modelado contemplan todos aquellos aspectos que son necesarios para una correcta y eficiente elaboración de los modelos, por lo tanto, se debe definir el procedimiento a seguir en cada sub-tarea (Recopilación y clasificación de información, criterios de codificación, de modelado y de cálculos, etc.) desde el inicio del proyecto.

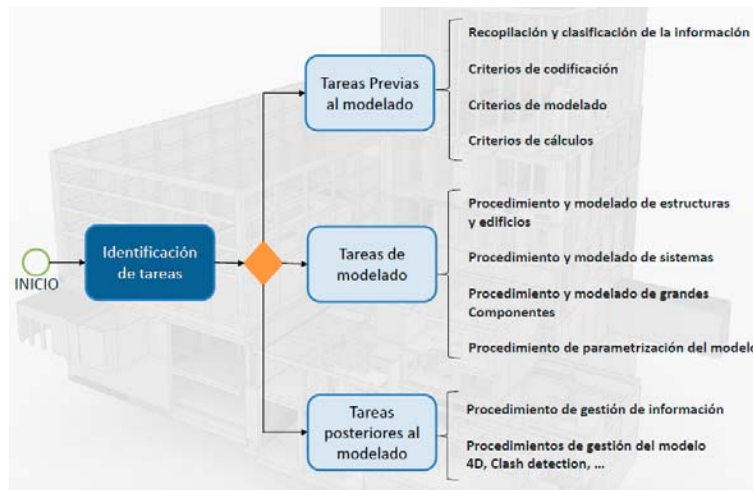


Fig. 2 Esquema de tareas para la elaboración de modelos BIM en centrales nucleares construidas. Fuente: Propia (2018)

#### 4.1.1. Organización de la información

Durante el estudio se ha detectado que las centrales nucleares disponen de una gran cantidad de información que debe ser recopilada, clasificada y archivada de forma que se facilite el proceso de modelado. Esto implica que, independientemente de la procedencia de la información, se debe establecer un criterio de recopilación y organización homogéneo que facilite la interpretación para todas las partes implicadas en el proyecto y para aquellas que interactúen en fases posteriores.

#### 4.1.2. Codificación

Por otro lado, las centrales nucleares disponen de la mayoría de los elementos codificados para poder ser identificados en planta. Cada central utiliza su propio estándar de codificación. El modelo, por lo tanto, debe adaptarse a los estándares de codificación de las centrales y en el caso de aquellos elementos que carezcan de codificación, debido a que no eran relevantes durante la fase de operación, pero sí lo son durante la fase de desmantelamiento, se deben asignar nuevas codificaciones alineadas con las ya existentes y siempre aprobadas por todas las partes implicadas en el proyecto.

#### 4.1.3. Modelado

Como se indica en el punto 3, para poder llevar a cabo un desmantelamiento de una CN, es necesario disponer de una caracterización radiológica que se obtiene gracias a la generación de un inventario físico de todos los elementos de la central. En el estudio realizado se ha identificado que no todos los elementos tienen que presentar una representación gráfica, es decir, es importante definir antes de comenzar con las tareas de modelado, todos aquellos elementos que se van a modelar y los que no, indicando el nivel de detalle gráfico y de información que se les va a proporcionar. Sin embargo, deben incluirse los elementos no modelados como información, conservando todos sus atributos y las codificaciones para poder permitir la extracción del inventario físico.

#### 4.1.4. Selección de software

En los trabajos realizados, una parte de la dedicación, se ha enfocado a analizar el software a emplear, su interoperabilidad y las ventajas frente al resto de software. Esto debe realizarse de forma exhaustiva para cualquier proyecto ya que al tratarse de una metodología en constante evolución aparecen nuevos software que, en ocasiones, pueden llegar a cumplir con las necesidades del proyecto. Adicionalmente, una vez se conoce el tipo, calidad y cantidad de información se debe analizar con detalle, para identificar aquellas acciones para las cuales el software no están concebidos y contemplar la posibilidad de desarrollar

herramientas propias que faciliten los trabajos. Esto implica que, en las tareas previas al modelado, se deben identificar las necesidades a suplir con este tipo de actuaciones. En el apartado 4.2 se describen en detalle las soluciones identificadas en el estudio realizado, para agilizar las tareas durante la fase de modelado.

#### 4.1.5. Cálculos

Otra parte dentro de las tareas previas al modelado, que fue de gran importancia en el estudio realizado y que estaba directamente relacionada con la obtención del inventario físico, fue la definición de los parámetros que se van a calcular, cómo se iban a realizar cada uno de los cálculos y qué estimaciones se iban a considerar para dichos cálculos. Para ello deben quedar reflejados cada uno de los criterios elegidos ya sean formulaciones o tablas de consulta de datos que ayuden a la elaboración del inventario físico. En el estudio realizado se especificaron todas las formulaciones de cálculos de volúmenes y pesos complejos, así como todas las especificaciones y tablas de consulta empleadas para obtener los datos.

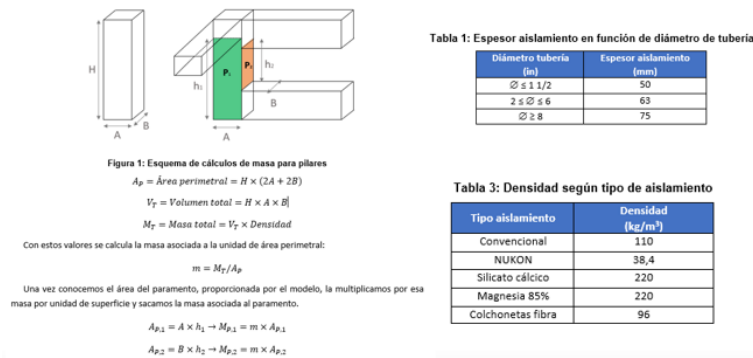


Tabla 1: Espesor aislamiento en función de diámetro de tubería

Diámetro tubería (in)	Espesor aislamiento (mm)
∅ ≤ 1 1/2	50
2 ≤ ∅ ≤ 6	63
∅ ≥ 8	75

Tabla 3: Densidad según tipo de aislamiento

Tipo aislamiento	Densidad (kg/m³)
Convencional	110
NUKON	38,4
Silicato cálcico	220
Magnesia 85%	220
Colchonetas fibra	96

Fig. 3 Ejemplo. criterios de cálculo. Fuente: Propia (2018)

#### 4.1.6. Validación del modelo y de los datos

Finalmente, uno de los procedimientos realizados, que es requerido para garantizar una calidad del modelo y de la información, es el procedimiento chequeo. Por un lado, debe definirse un chequeo del modelo que dependerá de la metodología a emplear (fotografía, inspección, escáner) y por otro lado se debe definir un procedimiento de chequeo de la información mediante un análisis más exhaustivo de cada valor asignado a los parámetros (pesos, volúmenes, codificación, superficies, etc.).

Para la realización de ambos procedimientos de chequeo, dada la gran cantidad de componentes identificados, fue necesario desarrollar un proceso estadístico que determinase aleatoriamente una serie de puntos que conformasen una muestra representativa de la población total de componentes.

Para ello, el primer paso requirió de una estratificación de la totalidad de componentes en varios grupos en función de su importancia. Por ejemplo, un error en un soporte de una bandeja eléctrica, no presenta la misma problemática que un error en un tanque o en una turbina.

Una vez definidas las muestras dentro de cada estrato, se establecieron los criterios de errores asumibles para certificar la correcta ejecución del modelo y de la información.

La utilización de técnicas de escáner o fotointerpretación facilitan en gran medida la realización de estos chequeos

## 4.2. Tareas de modelado

La mayoría de las CN en España se diseñaron en una época donde la tecnología informática era limitada. La mayor parte de la documentación e información se encuentra en papel o bien en documentos escaneados. Sin embargo, durante este estudio, nos hemos encontrado con modelos 3D, sin información asociada a objetos de algunas modificaciones en ubicaciones puntuales de las centrales. Es por esto que se debe definir previamente el proceso de actuación ante cualquiera de las situaciones, tanto si se dispone de modelos ya realizados como si no.

Aunque en las tareas previas al modelado se definen las bases que permiten realizar los trabajos de forma organizada y homogénea, en la fase de modelado debe entrarse en mayor detalle y definir los procedimientos a emplear para cada una de las especialidades

En el estudio realizado se ha identificado la necesidad de separar los procedimientos de modelado de las estructuras del modelado de los sistemas o componentes singulares ya que, dada la estandarización de los planos isométricos recopilados de los sistemas, se ha permitido automatizar dicho modelado mediante la elaboración de herramientas.

#### 4.2.1. Modelado de instalaciones

El proceso en la elaboración de los isométricos se ha realizado traspasando la información alojada en los planos a una plantilla Excel generada previamente y que disponía en su interior parte de la información necesaria identificada durante las tareas previas al modelado (especificaciones de tubería, tipos de materiales, tipos de calorifugos, formatos de codificación, etc.).

Posteriormente, mediante una herramienta diseñada para organizar los datos, de forma que fueran legibles por otras herramientas, se ha procedido a exportar los datos tanto geométricos como de información de cada objeto.

Para el paso final de este proceso de modelado, durante el estudio realizado, se ha elaborado una herramienta que se encarga de leer los datos exportados del Excel y modela de forma automática en el software de modelado BIM cada tramo de tubería, válvulas, motores, tanques, etc., con el añadido de que detecta la localización por coordenadas de cada uno de los elementos y asigna el código de la zona en la que se encuentra, lo que facilita el cálculo de la caracterización radiológica de cada componente.

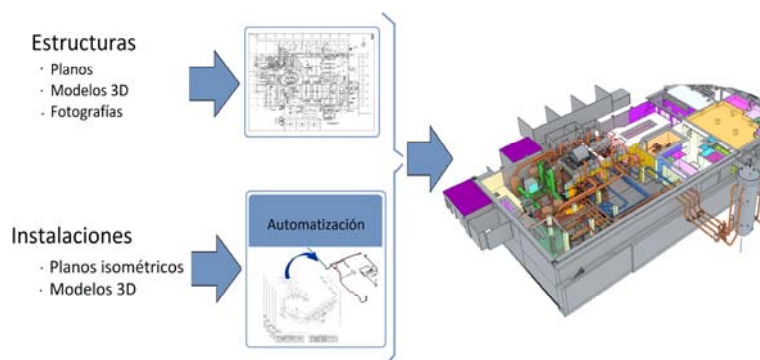


Fig. 4 Esquema general de proceso de modelado. Fuente: Propia (2018)

#### 4.2.2. Modelado de componentes

Por otro lado, en el caso de componentes convencionales se han definido, en las tareas previas al modelado, una serie de modelos genéricos para cada uno de ellos. En cambio, para aquellos componentes singulares, que presentaban una gran importancia en la fase de desmantelamiento ya sea por sus dimensiones como por su actividad radiológica, se ha visto necesario especificar el nivel de detalle gráfico al que se necesitaba llegar de forma que resultasen de utilidad en procesos posteriores dentro de la fase de desmantelamiento (desplazamiento de objetos, detección de interferencias, control de tasa de dosis, etc.).

#### 4.2.3. Modelado de estructuras

Los isométricos se han modelado con la asistencia de una herramienta que incluye la información automáticamente. Sin embargo, para las estructuras y para los componentes singulares la información no se ha incorporado del mismo modo por lo que ha sido necesario incluirla de forma manual, aunque también se han desarrollado algunas herramientas para minimizar los recursos empleados en esta tarea.

En concreto para la elaboración de las estructuras del edificio se han utilizado planos de planta, secciones de alzado vistas, etc. y, a la hora de codificar cada uno de los paramentos de muros pilares, techos, etc. se han empleado herramientas que generan dicha codificación de forma semiautomática facilitando el proceso de asignación de códigos.



Fig. 5 Componente singular modelado. Fuente: Propia (2017)

Finalmente, aplicando los criterios establecidos en las tareas previas al modelado referentes al procedimiento de chequeo, el estudio ha requerido de una definición de un procedimiento de toma de decisiones ante las incidencias detectadas. Esto ha servido para mejorar el modelo y la información asociada.

Una vez se han completado todos los procedimientos anteriores se obtiene un modelo BIM de una central nuclear, con información asociada a cada objeto donde cada una de las partes implicadas en el proyecto puede utilizar para desarrollar cualquiera de las actividades posteriores al modelado que se explican a continuación.

#### 4.3. Tareas posteriores al modelado

Tal y como se indica en el apartado anterior del presente artículo, el modelo 3D desarrollado contiene información organizada, homogénea y revisada de cada uno de los objetos. Esta información presenta una retroalimentación por lo que una vez se ha extraído el inventario físico del modelo, que ha sido una de sus primeras aplicaciones al proceso de desmantelamiento, y se ha obtenido la caracterización radiológica, esta ha retornado al modelo manteniéndolo siempre actualizado.

El incluir la caracterización radiológica de cada elemento ha permitido conocer en todo momento la tasa de dosis en cada una de las zonas de la central. Esta, es dinámica y varía en función de cada uno de los componentes que la generan. Por ello, a medida que se va desmantelando se debe ir actualizando el modelo de forma que se puedan planificar las rutas más ventajosas para los operarios durante la fase de desmantelamiento siguiendo el principio básico para establecer cualquier medida de seguridad radiológica, el criterio ALARA.

En el estudio realizado se han identificado las siguientes aplicaciones del modelo BIM de una central nuclear durante el proceso de desmantelamiento fundamentalmente debido a que trata de una base de datos gráfica.

#### 4.3.1. *Puntos de medida y de muestreo*

Entre la generación del inventario físico y la estimación de la caracterización radiológica se deben realizar una serie de muestreos. Los puntos de toma de muestra se definen previa entrada en planta y en el estudio realizado se ha desarrollado una herramienta que ha ubicado los puntos físicamente en el modelo de forma automática. Esto ha permitido analizar la localización de los puntos y la comprobación de si estos presentaban problemas en su accesibilidad. De esta forma se han podido reducir las horas de acceso a planta con el consiguiente riesgo que suponía y cumpliendo con el criterio ALARA

#### 4.3.2. *Eliminación de riesgos - Amianto*

Una de las primeras actividades de desmantelamiento propiamente dicho es la retirada del amianto de una central nuclear. Para ello, en el estudio realizado, el modelo ha permitido identificar de forma sencilla no solo la cantidad de amianto y su peso, que sirven para analizar la vía de gestión necesaria, sino que además se ha identificado la ubicación del mismo, la proximidad a otros componentes que pudieran dificultar su eliminación, los medios auxiliares a utilizar, etc.

#### 4.3.3. *Planificación de actividades simultáneas*

Además, la retirada de amianto requiere de un periodo de espera para poder acceder a la zona una vez se ha retirado por lo que el modelo ha ayudado en la planificación de las actividades simultáneas a la retirada de amianto al haber llevado un control de las actividades que se realizan en cada zona. Este proceso es extrapolable a cualquier actividad que impida la realización de otra en la misma ubicación.

#### 4.3.4. *Ayuda a la planificación de desmantelamiento*

Por otro lado, el modelo ha permitido trabajar ayudando a desarrollar la planificación de desmantelamiento debido a que ha sido posible analizar colisiones e interferencias entre objetos identificando el orden óptimo de desmontaje. Durante el estudio realizado esto se han analizado las rutas de evacuación de los elementos más contaminados tratando de realizarlas en el menor tiempo posible.

#### 4.3.5. *Simulaciones de alternativas de desmantelamiento*

Una vez definida la planificación ha sido posible simularla mediante la vinculación de los modelos y las planificaciones de desmantelamiento, de forma que, incluyendo los medios auxiliares se han identificado interferencias dinámicas asignando las rutas de evacuación de cada uno de los elementos y analizando si los medios auxiliares dispuestos para otras actividades en otras zonas interfieren en esa ruta.

También ha sido posible asignar recursos a cada una de las actividades incluyendo el recurso espacio que es el recurso más escaso en una central nuclear. Esto ha permitido analizar el porcentaje de ocupación de los almacenes durante el proceso de desmantelamiento y la trazabilidad de cada uno de los elementos.

La ventaja de esta metodología es que se pueden hacer tantas simulaciones como alternativas de desmantelamiento se tengan, analizando la ruta óptima para retirada de los componentes y cumpliendo con el criterio ALARA reduciendo los riesgos radiológicos

#### 4.3.6. *Trazabilidad y seguimiento de la planificación*

El modelo ha permitido realizar un seguimiento exhaustivo de la planificación propuesta analizando retrasos o adelantos en su ejecución. Además, en el análisis realizado, se han detectado algunos casos en los que ha sido necesario que ciertos componentes fueran troceados. El modelo ha permitido su división y cada uno de los elementos generados ha adquirido una nueva codificación, pero sin perder la codificación del elemento origen. De esta forma se ha podido analizar la trazabilidad de cada uno de los objetos, identificando en qué almacén se encontraban, etc. Esta aplicación, además puede combinarse con sistemas de identificación por Radiofrecuencia RFID de forma que se puede analizar la trazabilidad real dentro del modelo.

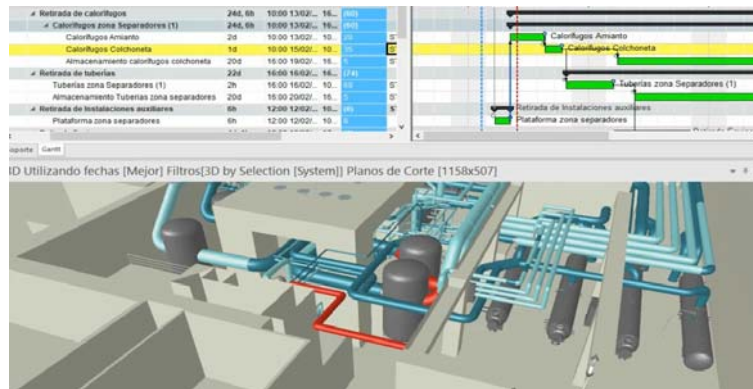


Fig. 6 Simulación de planificación con modelo BIM en una central nuclear. Fuente: Propia (2017)

#### 4.3.7. Formación

Finalmente indicar que el estudio ha identificado que el modelo NPIM (Nuclear Power Plant Information Modelling, acrónimo utilizado debido a que este tipo de modelos contiene información específica de centrales nucleares como la caracterización radiológica) también sirve como herramienta de formación de los trabajadores pudiendo ensayar los procesos que deben de realizar antes de acceder a planta mediante simulaciones, realidad virtual, etc.



Fig. 7 Entorno de realidad virtual en una central nuclear. Fuente: Propia (2017)

## 5. Conclusión

El sector energético nuclear, en las centrales ya construidas, se ha encontrado hasta la actualidad detrás de la curva de la evolución de las tecnologías digitales. Con los avances actuales, es el momento de adoptar estas nuevas tecnologías y metodologías de trabajo para comprobar lo que realmente puede lograrse.

Tal y como se viene identificando en los últimos años, los distintos enfoques políticos convergen en la adopción de las metodologías 3D parametrizadas, fundamentalmente debido a que son de gran importancia para cualquier proceso de construcción, proporcionando resultados más precisos, fomentando un trabajo colaborativo y haciendo los procesos mucho más eficientes, incurriendo en gastos de menor cuantía.

Las instalaciones de generación eléctrica nuclear son unos activos a largo plazo y conseguir un mantenimiento eficaz, es fundamental para asegurar que se mantengan seguras, eficientes y productivas a lo largo de todo su ciclo de vida.

Obviando la utilización del BIM durante fases constructivas, cuando el modelo se interconecta con la gestión del ciclo de vida del producto, proporciona una solución digital completa que es útil en todas las fases, ayudando a la planificación de tareas y actividades y reduciendo costes y tiempo en su desarrollo. Esto se ha demostrado con el estudio realizado.

Sin embargo, este modelo debe realizarse conforme a una buena planificación de los trabajos a realizar y a unos criterios que definan correctamente cada uno de los procesos dentro del proyecto.

El desmantelamiento de CN es un proceso de gran importancia que puede ser optimizado gracias a los modelos y la metodología BIM. Las CN españolas presentan una antigüedad que obligará en un futuro relativamente cercano a ser desmanteladas. En el caso de disponer de modelos BIM el estudio ha identificado que es posible planificar el desmantelamiento y desarrollar de forma eficiente una gestión de los residuos que se generan al poder identificar el grado de contaminación de cada elemento a desmantelar y sus dimensiones, materiales, volumen y peso. Las oportunidades en eficiencia, ahorro de costes y aumento de la seguridad son enormes. En la central de José Cabrera se ha ratificado que los modelados 3D ayudan al desarrollo de determinados procesos de desmantelamiento.

Finalmente, y no menos importante, el modelo 3D tal y como se ha identificado en el estudio realizado puede ser empleado para infinidad de aplicaciones, entre ellas, se pueden desarrollar programas de formación de operarios que realicen las actividades en un entorno de realidad virtual reduciendo el riesgo de exposición de cada operario al reducir el tiempo de trabajo en zonas expuestas y por lo tanto cumpliendo con el criterio ALARA.

## 6. Referencias

- [1] *Desmantelamiento* (2015), N°358. Nuclear España
- [2] ENRESA. Desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera < <http://www.enresa.es/esp/inicio/actividades-y-proyectos/desmantelamiento-y-restauracion-medioambiental/desmantelamiento-de-la-cn-jose-cabrera> > [Consulta: 10 de Febrero de 2018]
- [3] FORONUCLEAR. Energía nuclear en el mundo. <<https://www.foronuclear.org/es/energia-nuclear/energia-nuclear-en-el-mundo>> [Consulta: 15 de Febrero de 2018]
- [4] IN-SU JUNG, WOO-JUNG KIM. (2014). "Direction for the Estimation of Required Resources for Nuclear Power Plant Decommissioning based on BIM via Case Study." *Transactions of the Korean Nuclear Society Spring Meeting Jeju, Korea*
- [5] JASON BOYLE, JOHN ROBISON (2013). "BIM approach to a nuclear project: Seaford Maintenance Facility." *TheStructuralEngineer*
- [6] *José Cabrera desmantelamiento electrónico* (2011), N°99. Estratos
- [7] PULITZER CENTER. Should Nuclear Power Be a Major Part of the World's Response to Climate Change? <<https://pulitzercenter.org/reporting/should-nuclear-power-be-major-part-worlds-response-climate-change>> [Consulta: 20 de Febrero de 2018]
- [8] WIKIPEDIA. *Energía nuclear en España*. <[https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa\\_nuclear\\_en\\_Espa%C3%B1a](https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_nuclear_en_Espa%C3%B1a)> [Consulta: 10 de Febrero de 2018]
- [9] WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. Number of nuclear reactors operable and under construction <<http://www.world-nuclear.org/nuclear-basics/global-number-of-nuclear-reactors.aspx>> [Consulta: 22 de Febrero de 2018]
- [10] WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements < <http://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/world-nuclear-power-reactors-and-uranium-requireme.aspx>> [Consulta: 22 de Febrero de 2018]

## Manual de BIM de infraestructures.cat

**Farre-Canal, Josep<sup>a</sup>, Llàdser-Carbonell, Romà<sup>b</sup>, Montoliu-Coloma, Xavier<sup>c</sup>, Roig-Segura, Víctor<sup>d</sup>; Vidoni, Diego<sup>e</sup>**

<sup>a</sup>Director de Divisió de Edificació, Infraestructures.cat, jfarre@infraestructures.cat, <sup>b</sup>Jefe de Unidad de Oficina Técnica, Infraestructures.cat; rlladser@infraestructures.cat, <sup>c</sup>Técnico Gerencia de Proyectos y Obras de Edificación 4, infraestructures.cat; xmontoliu@infraestructures.cat, <sup>d</sup>Director, BIMETRIC, vroigs@bimetriclab.com, <sup>e</sup>BIM Manager, BIMETRIC, dvidoni@bimetriclab.com

---

### Abstract

*Infraestructures.cat has developed a BIM Manual in order to establish a set of specifications that facilitate the application of the BIM methodology to agents who have responsibilities in the development of their contracts, as well as for other interested parties.*

*The BIM Manual sets out basic specifications to guarantee:*

*That projects are developed on the basis of coordinated information among the agents involved and incorporate buildable solutions;*

*That suppliers provide correct, accurate and uniform information on the equipment in which they operate, continuously and using object-based information models;*

*That Infraestructures.cat manages and makes available quality information, structured according to the requirements of its customers;*

*That different stakeholders can use up-to-date information in the different phases of equipment development*

**Keywords:** *manual, process, model, goals, requirements, responsibilities, classification, deliverables*

---

### Resumen

*Infraestructures.cat ha desarrollado un Manual de BIM con la finalidad de establecer un conjunto de especificaciones que faciliten la aplicación de la metodología BIM a los agentes que tengan responsabilidades en el desarrollo de sus contratos, así como para otras partes interesadas*

*El Manual de BIM fija unas especificaciones básicas para garantizar:*

*Que los proyectos se desarrollen en base a información coordinada entre los agentes que intervienen y que incorporan soluciones construibles;*

*Que los proveedores entregan información correcta, precisa y uniforme de los equipamientos en que intervienen, de forma continua y usando modelos de información basados en objetos;*

*Que Infraestructures.cat gestiona y pone a disposición información de calidad, estructura de acuerdo con los requisitos de sus clientes;*

*Que las diferentes partes interesadas pueden utilizar información actualizada en las diferentes fases del desarrollo del equipamiento*

**Palabras clave:** *manual, proceso, modelo, objetivos, requerimientos, responsabilidades, clasificación, entregables*

---

## Introducción

A principios de 2013 Infraestructures de la Generalitat de Catalunya (en adelante Infraestructures.cat) inició su camino de adopción de BIM en la gestión de sus proyectos, impulsando la realización de una primera prueba piloto en el proyecto del IES Molins.

Esta primera iniciativa tuvo su continuidad con una leve adaptación de los pliegos de licitación de proyectos introduciendo como mejora de las ofertas la utilización de BIM en el desarrollo de proyectos.

Como resultado del interés mostrado por los profesionales del sector, Infraestructures.cat desarrolló sus primeras especificaciones, en concreto, un modelo de Plan de Ejecución BIM y una propuesta de estructuración de objetos, para poder analizar y valorar los resultados obtenidos con la aplicación de la metodología BIM, documentos que se utilizaron en el desarrollo de más de 60 proyectos.

Cabe destacar la colaboración desde un inicio del Grupo de Usuarios de BIM (GuBIMCat) en el desarrollo de una clasificación de objetos, que fue publicada conjuntamente con la Guía de BIM.

A principios de 2016, después de un período de 3 años de seguimiento de proyectos desarrollados utilizando la metodología BIM, Infraestructures.cat abordó la redacción de Guía de BIM con el propósito de facilitar unas directrices abiertas y compartidas con sus clientes y proveedores, estableciendo unos objetivos estratégicos para la organización y los usos de modelo que se consideraba necesario aplicar para lograrlos.

Como paso siguiente en su camino de adopción de BIM, Infraestructures.cat ha considerado necesario establecer un primer conjunto de especificaciones concretas, describiendo los procesos a seguir para obtener los objetivos planteados en la Guía de BIM.

En esta primera etapa de adopción de la metodología BIM, Infraestructures.cat quiere avanzar en su madurez dentro de la primera etapa de capacidad BIM del *Marco de Trabajo BIM* (Succar, B. 2010), que corresponde al modelado basado en objetos como referencia para las actividades de gestión de proyectos y obras. Por tanto, se ha centrado en la definición de los requerimientos mínimos de información asociada a los objetos necesarios para la generación y gestión de los modelos de los contratos, usados para lograr los objetivos establecidos en la Guía de BIM.

Al establecer un marco común de trabajo para todos sus proveedores, Infraestructures.cat persigue que puedan analizarse los resultados obtenidos con la aplicación de la metodología BIM por parte de los distintos agentes con responsabilidad en el desarrollo de sus contratos, así como por otras posibles partes interesadas.

Infraestructures.cat tiene muy claro que el Manual de BIM es un nuevo paso en el largo camino de la adopción de BIM en sus procesos. Por ese motivo, invita a todos los agentes del sector a que aporten aquellos comentarios y sugerencias que consideren oportunos de manera que permitan avanzar, de forma colaborativa, hacia la optimización y aumento de la eficiencia en la gestión de los proyectos del sector.

## 1. Características generales del Manual de BIM

A continuación se detallan las características principales del Manual de BIM.

### 1.1. Objetivos del Manual de BIM

El objetivo principal de la redacción del Manual de BIM de Infraestructures.cat es fijar unas especificaciones básicas que se aplicarán en la generación de los modelos de los contratos, con la finalidad de que, además de conseguir unos modelos de calidad, las actividades que se realicen en base a dichos modelos den como resultado que:

- los proyectos se desarrollen en base a información fiable, coordinada entre los agentes que intervienen y que incorporen soluciones construibles;
- sus proveedores otorguen información concreta, precisa y uniforme de los equipamientos en que intervienen, de forma continua y usando modelos de información basados en objetos,

- Infraestructures.cat gestiona y pone a disposición información de calidad y estructurada de acuerdo con los requisitos de sus clientes, y
- las diferentes partes interesadas puedan emplear información actualizada en las diferentes fases del desarrollo del equipamiento.

Estas especificaciones tienen la intención de constituir una base mínima y compartida para lograr una estructuración de la información sólida que permita el trabajo colaborativo entre todas los participantes, soportada dentro del esquema de formato abierto IFC.

A medida que aumente el grado de madurez BIM de los diferentes agentes que intervienen en cada uno de los diferentes tipos de contrato, Infraestructures.cat irá ampliando y/o modificando las especificaciones básicas recogidas en este Manual. En especial, se prestará especial atención a aquellas especificaciones que los clientes finales de los equipamientos consideren oportunas, teniendo en cuenta que sus necesidades de información para realizar sus labores de gestión pueden ser diferentes de las requeridas por parte de Infraestructures.cat.

## 1.2. Contenido del Manual

El Manual de BIM recoge las especificaciones para que se cumplan las siguientes consideraciones de carácter general:

- los modelos generados deberán permitir (a) la aplicación de los usos asociados a los objetivos del contrato relacionados con la fase de desarrollo de la actuación y (b) evaluar los requisitos de rendimiento del equipamiento en la fase correspondiente;
- los modelos deberán incluir todos aquellos objetos, espacios y/o activos contemplados en las especificaciones recogidas en el Plan de Ejecución BIM del contrato (en adelante PEB), redactado en base a la plantilla facilitada por Infraestructures.cat;
- se identificarán los entregables que se obtendrán directamente del modelo de información, ya sea gráfica paramétrica o documental para cumplir los objetivos BIM establecidos, diferenciándolos claramente del resto de documentos y/o informes del contrato, los cuales se seguirán generando utilizando otros medios o fuentes de información;
- los agentes que intervendrán en los contratos proporcionarán los datos de los modelos correspondientes a cada una de las fases de desarrollo de los equipamientos en formato nativo y abierto IFC, de manera que se garanticen la interoperabilidad de la información en las diferentes fases del proyecto;
- el sistema de clasificación de referencia para el mapeo, vinculación de información y/o establecimiento de relación entre bases de datos será GuBIMclass. No obstante, la utilización de esta clasificación no es restrictiva o incompatible con el uso de otros sistemas de clasificación, siempre que se especifique debidamente en el PEB.

## 1.3. Aplicación del Manual de BIM

El Manual de BIM establece que cualquier equipo de trabajo o proveedor de servicios que utilice la metodología BIM en el desarrollo de su contrato deberá suministrar un flujo permanente de información actualizada utilizando modelos, bases de datos paramétricas y documentos indexados de acuerdo con la estructura de información establecida por Infraestructures.cat, siguiendo las pautas establecidas en el mismo.

En esta primera edición, el Manual de BIM establece unas especificaciones básicas que serán de aplicación fundamentalmente en los contratos de las fases de "diseño".

Sin embargo, teniendo en cuenta el alcance establecido en la primera edición del Manual de BIM y la inclusión de mejoras basadas del uso de BIM en todos los pliegos de contratación, Infraestructures.cat considera que también se podrá utilizar en los contratos de construcción.

Una vez finalizadas las primeras experiencias de gestión de contratos de construcción basados en modelos, Infraestructures.cat evaluará la necesidad de introducir modificaciones necesarias en las especificaciones establecidas en el Manual de BIM.

## 2. Especificaciones del proceso BIM

Una de las funciones principales del Manual de BIM de Infraestructures.cat es establecer un marco de trabajo común y compartido por todos los agentes que intervienen en los contratos. Asimismo, este marco ha de permitir comparar los resultados obtenidos en los distintos contratos de cuyo análisis surgirán las propuestas de mejora que deberán introducirse en próximas ediciones del Manual.

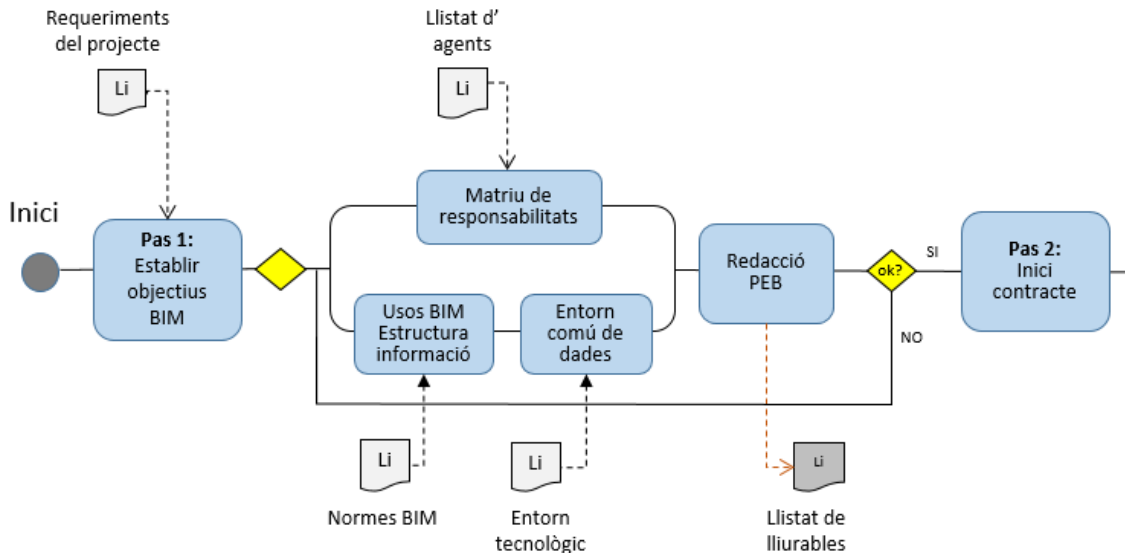


Fig. 1: Fase inicial del Proceso de BIM según Infraestructures.cat

A continuación se presentan los aspectos fundamentales a tener en cuenta en la aplicación del proceso BIM con una breve aclaración sobre la motivación que Infraestructures.cat persigue con los requerimientos propuestos:

- *para facilitar la correcta aplicación del proceso BIM, Infraestructures.cat introduce un procedimiento para definir los objetivos de BIM del contrato, las acciones a realizar para lograrlos, los entregables a generar y los usos de modelo a aplicar.*

En el Anejo núm. 2 del Manual, se recoge la aplicación de dicho procedimiento a algunos de los objetivos recogidos en la Guía de BIM.

Mediante la aplicación de este procedimiento Infraestructures.cat podrá realizar un seguimiento del grado de cumplimiento de los objetivos definidos para los distintos contratos, evaluar y comparar los resultados logrados y demostrar los beneficios realmente obtenidos con la aplicación de la metodología BIM en las distintas fases del desarrollo de sus equipamientos.

- *Infraestructures.cat apuesta claramente por la clasificación GuBIMclass como referencia para garantizar la trazabilidad de la información del contrato asociada a objetos, aplicando la metodología BIM.*

Infraestructures.cat y sus proveedores usarán dicha clasificación para definir las responsabilidades de los agentes implicados en el contrato, detallar y/o controlar los objetos a introducir en los modelos, así como para especificar las propiedades que se requerirán de los objetos a modelar, de acuerdo con los usos y objetivos definidos en el punto anterior.

En los Anejos 4 y 5 del Manual de BIM se presentan los procedimientos a seguir para definir tanto la matriz de responsabilidades como los objetos a introducir en los modelos y las características a informar. Asimismo, esos documentos propuestos se utilizarán para realizar el seguimiento y control

del desarrollo de los modelos de contrato y recoger los datos que deberán acompañar a los modelos que se entreguen al finalizar los contratos correspondientes.

De esta manera, además de conseguir unos modelos virtuales, se garantiza su uso durante el desarrollo del contrato.

- *Infraestructures.cat ha introducido el “Documento de Requerimientos de Información de Contrato” (DRIC) que pretende, de una forma clara y concisa, facilitar la especificación de la información necesaria para el desarrollo del contrato, definiendo las características principales y sus formatos, y así poder garantizar la correcta transmisión de información entre las distintas fases del desarrollo de un equipamiento, documento que se presenta en el Anejo núm. 6 del Manual de BIM.*

Cabe destacar el carácter dinámico de este documento pues se irá actualizando a medida que se desarrolle el contrato, añadiendo aquellas prestaciones adicionales que los participantes en el proyecto estimen oportunas, teniendo en cuenta los requerimientos de información asociados a las diversas actividades que se vayan desarrollando en base al modelo.

El análisis periódico de los DRIC actualizados recogidos como documentación final de los distintos contratos permitirá ir ampliando las especificaciones de este Manual.

- *En función de las características del contrato, Infraestructures.cat establecerá un plazo al inicio del mismo con la finalidad de garantizar que las actividades basadas en el modelo puedan realizarse de forma adecuada.*

La experiencia adquirida hasta la fecha por Infraestructures.cat pone de manifiesto la necesidad de establecer un plazo inicial dedicado a la planificación del contrato para definir el PEB del contrato e implementar todas las medidas que en él se recojan, en concreto, las referentes a responsabilidades, objetos a modelar y parámetros a introducir, los procesos a seguir para garantizar la correcta coordinación los modelos generados así como la creación de un repositorio informático donde almacenar y compartir toda la información generada y/o en proceso. Este plazo permitirá garantizar que los modelos se desarrollen de forma anticipada y puedan usarse en los procesos de análisis y de toma de decisiones que así lo requieran.

En las reuniones de lanzamiento de los contratos, Infraestructures.cat entrega a los adjudicatarios un modelo tipo de Plan de Ejecución BIM (PEB) a todos sus adjudicatarios, para facilitar la redacción de dicho documento y establecer de forma clara todas aquellas actividades previstas en este punto del Manual que deberán realizarse durante el desarrollo del contrato. Estableciendo una base común para todos los contratos, Infraestructures.cat podrá realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos, valorar el proceso propuesto y detectar oportunidades para mejorar el alcance y contenido Manual de BIM.

### 3. Requerimientos del modelo

En este punto del Manual se definen los requerimientos que deben cumplirse en la generación de modelos, diferenciando entre los requerimientos específicos de dichos modelos, los objetos que los constituyen y los activos que representan.

Infraestructures.cat considera importante destacar los siguientes puntos, aportando comentarios que puedan ayudar a comprender su motivación:

- *Los modelos parciales o finales de los contratos se entregarán en formato nativo y formato abierto IFC.*

Con este requerimiento Infraestructures.cat quiere manifestar su compromiso con el uso del formato abierto IFC para garantizar la interoperabilidad técnica entre las distintas fases de desarrollo de sus equipamientos.

- *Para cada contrato se definirá el DRIC correspondiente, detallando las propiedades y atributos que deberán informarse en la generación de los modelos requeridos, de acuerdo con los objetivos BIM del mismo.*

El procedimiento a seguir para definir cada una de las propiedades del DRIC se ha establecido teniendo en cuenta el concepto del objeto que se usará en la gestión de información. Para

establecer unas bases de información de referencia, sólidas y coherentes, en esta primera etapa sólo se han establecido requerimientos sobre los conceptos relacionados con la identificación, la geometría y la localización, facilitando las propiedades que los caracterizan. Los adjudicatarios podrán ampliar la información sobre otros conceptos que propongan gestionar en base a los modelos de sus respectivos contratos.

A6-2. PROPIETATS I ATRIBUTS DELS OBJECTES							
Nota: a informar de cada objecte							
	PROPIETAT	PARÀMETRE	FORMAT	IFC 2X3 s/ICAT	IFC_PSet-ICAT (ICAT-Identificació)	PROGRAMARI BIM	REFERÈNCIA
IDENTIFICACIÓ	Codi GuBIMclass	Codi	Text	ifcClassificationReference	ICAT_01-CodiGuBIMclass		Propi d'Infraestructures.cat
	Descripció GuBIMclass	Codi	Text	ifcClassificationName	ICAT_02-DescripcióGuBIMclass		Propi d'Infraestructures.cat
	Denominació de Tipus (nom)	Descripció	Text	ifcElementType.Name	ICAT_03-Tipus		Específic de projecte
	Descripció extensa	Descripció	Text	ifcDescription	ICAT_04-Descripció		Específic de projecte
	Estatus d'obra	Codi	Text		ICAT_05-EstatusObra		Propi d'Infraestructures.cat
	PROPIETAT	PARÀMETRE	FORMAT	IFC 2X3 s/ICAT	IFC_PSet-ICAT (ICAT-Geometria)	PROGRAMARI BIM	REFERÈNCIA
GEOMETRIA (segons objecte)	Llarg (exemple)	Valor	Longitud (Número)	Pset_BaseQuantities	ICAT-Llarg		Sistema mètric decimal
	Ample (exemple)	Valor	Longitud (Número)		ICAT-Ample		Sistema mètric decimal
	Alçada (exemple)	Valor	Longitud (Número)		ICAT-Alçada		Sistema mètric decimal
	Gruix (exemple)	Valor	Longitud (Número)		ICAT-Gruix		Sistema mètric decimal
	Superfície (exemple)	Valor	Àrea (Número)		ICAT-Superfície		Sistema mètric decimal
	Volum (exemple)	Valor	Volum (Número)		ICAT-Volum		Sistema mètric decimal
	Altres variables segons objecte	Valor	A definir		ICAT-Altres Variables		P. ex. perímetre,
Nota: les propietats geomètriques no s'han marcat en vermell, doncs depenen del tipus d'objecte. En qualsevol cas caldrà definir les propietats necessàries per a la representació de l'objecte							
	PROPIETAT	PARÀMETRE	FORMAT	IFC	IFC_PSet-ICAT (ICAT-Localització)	PROGRAMARI BIM	REFERÈNCIA
LOCALITZACIÓ	Codi de localització	Codi	Text		ICAT-CodiLocalització		Específic de projecte
	Descripció de localització	Descripció	Text		ICAT-DescripcióLocalització		Específic de projecte
	Altres atributs de localització	Codi	Text				Específic de projecte

Fig. 2: Documento de Requerimientos de Información de Contrato

Una vez definida claramente la propiedad a informar, se detallará el campo IFC asociado, y no al revés, de manera que, además de garantizar la interoperabilidad en la fase de desarrollo del contrato y las posteriores, se facilita que cualquier agente del contrato pueda realizar las actividades de gestión, supervisión y control de la información introducida, evitando problemas de duplicidad y/o omisión de información.

Para facilitar a los responsables de Infraestructures.cat la gestión de la información introducida en el modelo, se solicita que los campos IFC se particularicen en los grupos de propiedades llamados Pset\_ICAT

Se contempla un campo 'Software BIM' para que los proveedores especifiquen los parámetros de la opción seleccionada de programas de modelado y así facilitar su trazabilidad.

- *Cualquier objeto que se utilice en modelos de contrato deberá tener definidas las propiedades siguientes: su identificación, su geometría y su localización.*

Infraestructures.cat ha fijado un procedimiento para definir los parámetros correspondientes a dichas propiedades, que se adapten a los criterios establecidos por la organización en los procesos de gestión interna de los contratos.

Infraestructures.cat podrá permitir la aplicación de otros criterios siempre y cuando se garantice la trazabilidad de la información con los parámetros utilizados en los procesos internos de gestión de contratos.

El carácter abierto del Manual de BIM permite que, si el sector impulsa estándares sobre la estructuración de la información de los objetos, Infraestructures.cat pueda proceder a la adaptación de los criterios recogidos en el mismo.

- *Se recogen como recomendación algunas prestaciones adicionales a añadir a los objetos que requerirán mantenimiento posterior de acuerdo con un planteamiento inicial de plan de mantenimiento y operación genérico de los equipamientos gestionados por parte de Infraestructures.cat.*

Durante el desarrollo de los contratos de obra, Infraestructures.cat se compromete a desarrollar un listado de los parámetros a informar en la fase de entrega y puesta en marcha del equipamiento, resultado de las prescripciones que establezcan los operadores finales del equipamiento objeto del contrato – sean internos o externos –, las características específicas del mismo y del análisis o recomendaciones surgidas de los resultados compartidos por otros operadores del sector.

- *Infraestructures.cat ha adoptado por la definición de nivel de definición de modelo como el resultado de la combinación de la especificación del nivel de detalle geométrico de los objetos junto con la aportación de información sobre prestaciones específicas de los objetos incluidos en el modelo, de manera que se garantice que, en las entregas parciales o finales, los modelos sólo contengan la información requerida de acuerdo con los usos y objetivos establecidos en el PEB del contrato.*

Infraestructures.cat ha optado por la especificación de los requerimientos de información a nivel de objeto en lugar de a nivel de modelo, fase o disciplina, siguiendo las tendencias establecidas por otros organismos y expertos a nivel internacional.

Esta decisión se fundamenta en las experiencias recogidas en los contratos desarrollados hasta la fecha, que han puesto de manifiesto la necesidad de adaptarse a la variabilidad de requerimientos de información de los objetos introducidos en un mismo modelo, que depende fundamentalmente de las actividades que se realizan en base al modelo durante el desarrollo del contrato, actividades que vienen condicionadas por los usos y objetivos establecidos para el mismo.

- *Infraestructures.cat aporta una propuesta de escalado del Nivel de detalle de los objetos.*

La aplicación de la propuesta de *Nivel de detalle geométrico*, definida siguiendo las pautas establecidas por organismos y expertos internacionales en la materia, se basa fundamentalmente en la escala de la representación gráfica de los entregables que se generarán desde el modelo.

Teniendo en cuenta que estamos en una etapa de transición hacia la digitalización del sector, se ha considerado adecuado mantener como referencia la escala gráfica de representación de los entregables obtenidos desde el modelo, ya que es un criterio ampliamente conocido y aplicado por todos los agentes del sector y que puede hacer de puente para la comprensión del cambio en los requerimientos y entregables de los dos escenarios que coexisten, el actual, basado en documentación 2D y soporte pdf / papel, y el emergente, basado en modelos 3D fundamentalmente en soporte digital.

Los otros aspectos considerados para definir el nivel de detalle son el grado de concreción al que se definen los componentes de un objeto y el tamaño mínimo de los objetos asociados a cada nivel de detalle, de manera que a mayor nivel de detalle, la escala aumenta, los componentes del objeto se definirán por separado y menor será el tamaño mínimo del objeto en particular.

Finalmente, se ha establecido una relación con las especificaciones LOD de BIMForum, un estándar del mercado americano utilizado como referencia en nuestro sector.

#### 4. Principios básicos de modelado

Infraestructures.cat quiere potenciar la adecuada transferencia de información a lo largo de las distintas fases del desarrollo de los equipamientos y facilitar la utilización de los modelos generados en las fases anteriores.

A continuación se justifica el propósito o motivación de las pautas principales de modelado recogidas en el Manual de BIM.

- *los objetos BIM se modelarán utilizando herramientas apropiadas de software de modelado para el propósito por el cual se han generado, teniendo en cuenta los usos BIM que se aplicarán en el desarrollo del contrato;*

Con este requerimiento, Infraestructures.cat persigue obtener modelos que permitan gestionar y simular la realidad constructiva de las propuestas modeladas, simplificando los procesos de supervisión y control que se deberán llevar a cabo durante el desarrollo de los contratos, sin tener que realizar labores de reinterpretación y/o adaptación tanto de los objetos introducidos como, sobre todo, de los datos asociados a los mismos.

- *todos los modelos, archivos relacionados o vinculados (archivos CAD, IFC, nubes de puntos o cualquier otro formato de representación gráfica) y todos los entregables generados a partir de estos modelos, deberán compartir el mismo sistema de coordenadas;*

Infraestructures.cat considera básico que todos los modelos generados durante el desarrollo de un equipamiento, pasando por sus diversos contratos, se puedan vincular de forma precisa y con garantías totales de integración. Con esa finalidad, al inicio de cualquier actuación se procederá a la definición de unos puntos de coordenadas de referencia en el sistema UTM que deberán tenerse en cuenta en todos los contratos relacionados con el equipamiento objeto de la actuación.

- *se aplicarán criterios constructivos para definir las relaciones entre objetos y modelar sus conexiones, a fin de garantizar la constructibilidad de las propuestas modeladas*

Infraestructures.cat quiere poner de manifiesto que una de las finalidades fundamentales del uso de modelos virtuales durante el desarrollo de sus contratos, tanto de proyecto como de obra, es aplicar el criterio de construir virtualmente antes de hacerlo en la realidad, de manera que se puedan estudiar de forma anticipada y/o evitar la mayoría de los problemas de constructibilidad de las soluciones proyectadas y/o las incidencias que actualmente se presentan en la fase de construcción real.

Asimismo, para ayudar a interpretar la información contenida en el modelo, el responsable BIM del contrato deberá desarrollar un registro en el que se recojan los criterios constructivos aplicados durante el proceso de modelado así como las relaciones de prevalencia entre los objetos del modelo.

- *los criterios de modelado de los objetos garantizarán que, un vez realizada la exportación a la tipología adecuada de objetos IFC, se conserven sus características tanto gráficas como paramétricas;*

Este punto tiene relación con el citado anteriormente sobre la utilización de las herramientas adecuadas de modelado. Mientras que con el punto anterior, Infraestructures.cat persigue garantizar el modelado con la tipología de herramienta más adecuada, con este otro punto pretende evitar modelados extremadamente complejos que impidan la correcta exportación del objeto a IFC, aun habiendo utilizado la herramienta adecuada.

En este sentido, cabe destacar la colaboración entre Infraestructures.cat y GuBIMCat con la finalidad de establecer, a medio plazo, un procedimiento para garantizar la trazabilidad entre los objetos de la clasificación GuBIMclass y el esquema IFC.

- *los modelos del área compartida o publicada no podrán contener objetos que no sean los que conformen el propio equipamiento objeto del contrato;*

La finalidad de este requerimiento es garantizar que los modelos recibidos por Infraestructures.cat no contienen objetos provisionales o de soporte que sean necesarios para su generación pero que no aporten ningún valor al uso o gestión de dichos modelos, tanto en la fase de desarrollo del contrato como en sus fases posteriores.

## 5. Requerimientos tecnológicos

A continuación se analizan los requerimientos fundamentales desde el punto de vista tecnológico.

- *El software de BIM que se utilice deberá permitir importar y exportar en formato abierto IFC 2x3. Durante el desarrollo de sus contratos, Infraestructures.cat podrá rechazar el uso de software que no cumpla este requisito.*

Infraestructures.cat quiere fomentar que los proveedores utilicen los softwares disponibles, no sólo para facilitar los ficheros finales en formato IFC, sino que la exportación de la estructura de la información entregada bajo ese esquema sea la adecuada para permitir su gestión de acuerdo con los criterios establecidos en este Manual.

En este sentido, Infraestructures.cat ha optado por la versión IFC 2x3 ya que actualmente es la compatible con la mayoría de los softwares y desarrollos informáticos disponibles en el mercado.

- *En una fase inicial de implantación de BIM, Infraestructures.cat pondrá a disposición de los adjudicatarios un FTP en su infraestructura informática, que se usará para el almacenamiento de la información correspondiente a las áreas de trabajo “Compartida” y “Publicada” del entorno común de datos.*

En esta primera etapa de adopción de la metodología BIM, Infraestructures.cat entiende que la función principal de la plataforma informática común es realizar labores de repositorio de información. Por tanto, pondrá a disposición de sus adjudicatarios un FTP en el que almacenar la información generada durante el desarrollo del contrato que sea necesario compartir, ya sea entre los miembros del equipo para la realización de labores de coordinación, como con las partes involucradas en el desarrollo del contrato. De esta manera, Infraestructures.cat garantiza que, frente a cualquier imprevisto del contrato, podrá acceder, gestionar y poner a disposición de los agentes que participen en el mismo, toda la información necesaria para el desarrollo de sus funciones.

## 6. Requerimientos de los entregables BIM

En el Manual se establecen las pautas a seguir para establecer los tipos de entregables asociados a los objetivos y las acciones que se realizarán en base a modelos, fijar sus características, definir indicadores de referencia y realizar una autoevaluación de aseguramiento de calidad.

El Manual de BIM recoge los criterios para establecer la estructura estándar de las carpetas para almacenar los datos del contrato, que coincidirán con las establecidas en la Guía de BIM, así como su ubicación en la plataforma informática de Infraestructures.cat. Asimismo se definen las responsabilidades y contenidos de dicha estructura para la gestión de información.

Merecen mención especial los requerimientos que Infraestructures.cat establece para los modelos en formato IFC, contemplando aquellos aspectos relacionados con el formato de referencia, en concreto IFC 2x3, el contenido de información de los modelos, los conjuntos de propiedades estándares y los particularizados.

## 7. Aseguramiento y control de calidad

Antes de la finalización de cualquier contrato, Infraestructures.cat quiere garantizar que la información recibida cumple los requerimientos establecidos en el contrato. Por ese motivo, solicita que los adjudicatarios realicen las correspondientes actividades de aseguramiento y control de calidad, evaluando el grado de cumplimiento de los objetivos iniciales, así como la calidad tanto de los modelos generados, como de la información introducida y los entregables generados a partir de los mismos.

Entre todas las actividades a realizar, cabe destacar las siguientes:

- para poder evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos de BIM propuestos, los adjudicatarios aportarán la valoración de unos indicadores definidos en el PEB y validados al inicio del contrato;
- aportarán la actualización final del PEB, en el que se recopilarán las pautas utilizadas en la generación de los modelos finales, garantizando la adecuada transferencia y permitiendo el uso por parte de los agentes de la fase siguiente del ciclo de vida del equipamiento.

Infraestructures.cat espera que, como resultado del análisis de las labores de aseguramiento y control de calidad, pueda completarse el círculo de mejora continua del proceso de gestión y desarrollo de contratos de proyectos y obras usando la metodología BIM. Estas propuestas de mejora se utilizarán para definir nuevos requerimientos que se introducirán, de forma periódica, en próximas ediciones del *Manual de BIM* de Infraestructures.cat.

## 8. Conclusiones

Infraestructures.cat ha redactado el *Manual de BIM* como un nuevo paso en su proceso de capacitación en BIM aumentando su madurez en la gestión de contratos en los que se generan y utilizan modelos basados en objetos.

El objetivo principal de dicho Manual es establecer una base mínima y básica de requerimientos bien estructurados, que facilite la adopción de la metodología BIM en el desarrollo de los contratos a todos los

agentes que intervienen en los mismos, desde la propia organización hasta sus clientes, proveedores y otras partes interesadas. A medida que todos los agentes del sector vayan ganando experiencia y madurez en la aplicación de la metodología BIM, Infraestructures.cat irá ampliando tanto los objetivos a lograr como el alcance del Manual de BIM de la organización, abordando los aspectos relacionados con la colaboración entre los agentes de las distintas fases de sus actuaciones.

En esta primera etapa, las especificaciones de Infraestructures.cat persiguen la obtención de modelos tridimensionales basados en objetos que tengan informados de forma adecuada todos aquellos parámetros relacionados con su identificación, su geometría y su localización. El seguimiento de las especificaciones recogidas en el Manual debe permitir el cumplimiento de los objetivos inicialmente establecidos por Infraestructures.cat para los diferentes tipos de contrato.

Un segundo objetivo, aunque no menos importante es que, al contar con unos requerimientos claros y compartidos, desde Infraestructures.cat se podrá realizar el seguimiento y análisis comparativo de los resultados obtenidos en los diversos contratos que se desarrollen, y utilizarlos como referencia para evaluar los beneficios realmente conseguidos con la aplicación de la metodología BIM, tanto en el desarrollo de los contratos como en el proceso de transferencia de información entre las distintas fases del ciclo de vida de los equipamientos.

Si bien la clasificación de los objetos GuBIMclass se logró gracias a una iniciativa llevada a cabo por GuBIMCat, que desarrolló el listado de elementos que Infraestructures.cat utilizaba en el lanzamiento de los contratos en que se ofrecía como mejora el uso de la metodología BIM, en esta ocasión Infraestructures.cat quiere promover un proceso de colaboración abierto con todos aquellos organismos, asociaciones y agentes interesados en el desarrollo del marco de trabajo colaborativo en el que se basa el Manual de BIM publicado, utilizando los comentarios, sugerencias y aportaciones realizadas para proceder a la validación y/o mejora de los requerimientos establecidos en esta primera edición del Manual de BIM.

## 9. Referencias

INFRAESTRUCTURES DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA. *Infraestructures.Cat Qui som / BIM*. <<http://infraestructures.gencat.cat/?page=bim>> [Consulta: 27 de febrero de 2018]

INFRAESTRUCTURES.CAT (2017). *Guia de BIM*. Barcelona. <[http://infraestructures.gencat.cat/arx\\_Not/170621161319\\_Guia\\_BIM\\_v.1.3.4.pdf](http://infraestructures.gencat.cat/arx_Not/170621161319_Guia_BIM_v.1.3.4.pdf)> [Consulta: 27 de febrero de 2018]

INFRAESTRUCTURES.CAT (2017). *Document de classificació d'elements BIM*. <[http://infraestructures.gencat.cat/arx\\_Not/170731135235\\_GuBIMClass\\_V1.2\\_-\\_Infraestructures-cat.pdf](http://infraestructures.gencat.cat/arx_Not/170731135235_GuBIMClass_V1.2_-_Infraestructures-cat.pdf)> [Consulta: 27 de febrero de 2018]

INFRAESTRUCTURES.CAT (2017). *Manual de BIM*. Barcelona. <[http://infraestructures.gencat.cat/arx\\_Not/180213181025\\_Manual\\_BIM\\_1.0.2.pdf](http://infraestructures.gencat.cat/arx_Not/180213181025_Manual_BIM_1.0.2.pdf)> [Consulta: 27 de febrero de 2018]

## Optimización del Facility Management a través de la implementación de BIM en edificios existentes

García\_Vilas, Verónica<sup>a</sup>; Cos-Gayón\_López, Fernando<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Arquitecta de Universidad ORT (Uruguay). Máster en Edificación UPV, [veronicagarcia234@gmail.com](mailto:veronicagarcia234@gmail.com),

<sup>b</sup>PhD. Arquitecto Técnico y Arquitecto. Profesor Titular Escuela Técnica Superior Ingeniería de Edificación. Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universitat Politècnica de València, [fcosgay@csa.upv.es](mailto:fcosgay@csa.upv.es)

---

### Abstract

*Over time, the value of a building depends on its ability to function as efficiently as possible. Facility Management (FM) requires a large amount of information that comes from several sources and must be processed in a short amount of time. The application of BIM methodology to FM will be studied, what would be the 7D of BIM.*

*Currently, BIM is used in some new projects from the conception of the project and through the entire lifecycle of the building. This is not so with existing buildings, perhaps due to preconceived ideas about the difficulty of making informed 3D models or the actual possibility of combining BIM and FM to improve processes.*

*Most buildings from any city are not modelled in 3D (even less so with BIM), but do have to take care of their maintenance and exploitation operations with a multitude of dispersed and disconnected documentation.*

*This communication proposes a process and the software selection to implement BIM Facility Management in existing buildings, analysing the benefits and possible challenges. It is concretized with its application to a real case in the city of Montevideo (Uruguay), contextualizing the BIM moment in the region.*

**Keywords:** BIM, Facility Management, methodology

---

### Resumen

*Al pasar el tiempo, el valor de un edificio depende de su capacidad para funcionar de la manera más eficiente posible. Facility Management (FM) requiere de una gran cantidad de información que proviene de varias fuentes y debe ser procesada en poco tiempo. Se estudiará la aplicación de la metodología BIM al FM, en lo que sería el 7D de BIM.*

*Actualmente, en algunos proyectos nuevos se utiliza BIM desde la concepción del proyecto a todo el ciclo de vida del edificio. No así con los edificios ya existentes, quizás debido a ideas preconcebidas acerca de la dificultad de hacer modelos informados 3D o la posibilidad real de combinar BIM y FM para mejorar procesos.*

*La mayoría de edificios de cualquier ciudad no están modelados en 3D (y mucho menos con BIM) pero sí tienen que encargarse de sus operaciones de mantenimiento y explotación, con multitud de documentación dispersa y desconectada.*

*Esta comunicación propone un proceso y selección de software para implementar BIM Facility Management en edificios existentes, analizando los beneficios y los posibles desafíos. Se concreta con la aplicación a un caso real en la ciudad de Montevideo (Uruguay), contextualizando el momento BIM en la región.*

**Palabras clave:** BIM, Facility Management, metodología

---

## Introducción

### Contexto

La etapa de uso de un edificio puede durar entre 30 y 50 años (Klein, Li & Becerik-Gerber, 2011). Esto convierte a cualquier propiedad en una inversión a largo plazo que debe ser tratada como tal. Es por esto que el Facility Management (FM) debe ser optimizado y una forma de hacerlo es mediante la inclusión de nuevas tecnologías. Esto se viene dando desde hace décadas, particularmente en lugares como Gran Bretaña o los países nórdicos, pero la integración de BIM al FM es algo relativamente reciente.

Esta comunicación nace con el objetivo de explorar formas de mejorar las actividades del Facility Management de un edificio existente y en uso mediante la integración de BIM.

Se entendía que las características de BIM como, por ejemplo, su capacidad de centralizar la información y su enfoque en la cooperación entre diferentes actores, eran compatibles con las necesidades y carencias del FM actual y, por tanto, valía la pena desarrollar una forma de aplicar la primera a la segunda.

El resultado fue la creación de una propuesta teórica, desarrollada de manera tal que sea aplicable a cualquier edificio existente, independiente de sus características particulares y del software usado.

### Objetivos

Para poder determinar la mejor forma de integrar BIM a FM, se decidió hacer un análisis de lo existente en la materia, determinar una propuesta teórica y corroborar que sea posible aplicarla en la realidad y cuáles son sus fortalezas y debilidades. A su vez, esto implicó hacer un análisis de en qué consisten los conceptos de BIM y FM, sus beneficios y problemas, y hacer un análisis de la bibliografía existente sobre la integración de BIM en FM y en propiedades existentes, en general y en Uruguay.

Se analizó esto último en particular ya que se aplicó la propuesta teórica a un caso práctico de ese país, un edificio de pisos en alquiler de pequeña escala. Durante el proceso se utilizó el Autodesk Revit, no solo por su utilización a nivel global, sino porque su licencia permite utilizar de forma gratuita otros programas de Autodesk.

## 1. Estado del Arte

### 1.1. Conceptos analizados

El primer paso de la investigación fue determinar qué se entiende por FM y por BIM. Una de las dificultades detectadas es que no existe una definición única de estos conceptos. Dada la complejidad del tema, se entendió que era necesario definirlos, empezando por FM.

Para que una propiedad pueda funcionar correctamente, es necesario realizar ciertas tareas que cubren las necesidades del edificio y los actores involucrados en su funcionamiento y uso. Por lo tanto, siempre se ha necesitado del FM, aunque no se usara ese nombre.

Actualmente, existen muchas definiciones de FM, las cuales varían en contenido y alcance según la fuente y la época. Una forma sencilla de explicar FM es diciendo que consiste en cuidar de una propiedad y que, por tanto, los detalles de cómo se logra esto dependen de la propiedad en sí (Magee, 1988). Además, aunque no siempre se entiende la relación entre las actividades y la ganancia, sí se sabe que existe una relación directa entre una mala gestión y las pérdidas monetarias.

Tras evaluar varias definiciones, se decidió hacer una propia. Aquí, se entiende FM como una disciplina mediante la cual se coordinan y desarrollan todas las tareas necesarias para que una propiedad y sus servicios asociados funcionen de forma óptima, teniendo como objetivo último la satisfacción de las necesidades e intereses de todo actor involucrado. Para esto, se busca una integración de propiedad, usuarios y dueños.

Cabe destacar que las actividades de FM han cambiado en naturaleza y cantidad con el tiempo. Aunque las actividades de operaciones diarias y mantenimiento siguen siendo de las principales para mantener un edificio en condiciones óptimas, actualmente una de las metas más comunes en FM es conseguir edificios sustentables y/o inteligentes.

También existen gran cantidad de definiciones de BIM, que varían en su tratamiento del concepto de BIM. En la actualidad, existen más de 1000 publicaciones dedicadas a distintos aspectos de BIM (Barlish & Sullivan, 2012). Tras analizarlas, se concluyó que la forma de entender BIM depende de factores como el sector en el que se desempeña el usuario o la región en la cual se está y que todavía no existe el necesario consenso sobre cómo definir BIM respecto de temas como las dimensiones o su alcance.

La definición elegida es: *“Building Information Modeling (BIM) es una representación digital de las características físicas y funcionales de una instalación. Un BIM es un recurso de conocimiento compartido para la información sobre una instalación que constituye una base fiable para las decisiones durante su ciclo de vida; definido como existente desde su primera concepción hasta la demolición. Una premisa básica de BIM es la colaboración de diferentes partes interesadas en diferentes fases del ciclo de vida de una instalación para insertar, extraer, actualizar o modificar la información en el BIM para apoyar y reflejar las funciones de esa parte interesada”*. (National BIM Standard-United States, 2016).

## 1.2. Situación actual

La capacidad de BIM de coordinar información de distintas fuentes, su enfoque en el trabajo de equipo y su capacidad de ser aplicado en cualquier etapa del ciclo de vida lo hace perfectamente compatible con las actividades de FM. Sin embargo, la literatura dedicada a la integración de ambas disciplinas es limitada.

Esta se divide, principalmente, entre artículos teóricos y casos prácticos cuyos resultados son muy dependientes de las características particulares de las distintas propiedades, es decir, que son difíciles de reproducir en otros edificios. Entre los artículos, se destaca una investigación de Estados Unidos basada en entrevistas y encuestas con expertos de FM (Becerik-Gerber, Jazizadeh, Li & Calis, 2012).

Cuando se crea un modelo BIM luego de la construcción de un edificio se está hablando de un modelo BIM as-built, por lo que se analizó cuál es la situación actual en esa área de conocimiento particular. Se concluyó que esa información es muy limitada, con solo unas 80 publicaciones dedicadas a modelos BIM as-built. Al igual que con las publicaciones de BIM en general, la información es poca y la mayoría es respecto de casos prácticos particulares. Además, una duda común a la mayoría de las publicaciones es que los resultados positivos encontrados sean circunstanciales y, por tanto, no reproducibles.

En Uruguay, el concepto de BIM en general es poco conocido y la cantidad de profesionales que lo aplican es reducida. Se utiliza en las etapas de diseño y construcción, pero no durante la etapa de uso y aunque se ha hecho alguna mención de esta posibilidad, ha sido de forma abstracta.

## 2. Propuesta de procedimiento

### 2.1. Recolección de la información

Para poder aplicar BIM a las actividades de FM en edificios existentes, se creó un procedimiento compuesto por 3 partes: la recolección de la información necesaria, la creación del modelo as-built y la aplicación de las mejoras en las actividades de FM. El primer factor a tomar en cuenta en el diseño del procedimiento fue que las actividades de FM necesitan información que va más allá de las características físicas del edificio, que incluye los materiales que lo componen, los objetos asociados a este y todo dato necesario para su funcionamiento correcto.

La primera parte del proceso, la recolección de la información, se hizo con dos claros objetivos: La información conseguida iba a ser necesaria para lograr mejoras puntuales en las actividades de FM, pero, además, permitiría conocer el estado exacto del edificio. Esto no solo es necesario para crear el modelo BIM

as-built, sino que también para poder determinar qué problemas y oportunidades están presentes en el funcionamiento actual del edificio. Esta etapa fue dividida en tres partes: Agrupar la documentación existente, relevar el edificio –descripción total de su estado actual- y tomar las medidas necesarias para poder incorporar los datos futuros de los objetos asociados al edificio (permanentes o temporales, fijos o móviles).



Fig. 1.- Fotografía edificio y modelo Revit (Elaboración propia, 2018)

La documentación que se consiga va a depender del edificio en sí, pero, usualmente, no cuentan con un modelo 3D y, si son muy antiguos, tampoco tienen sus documentos digitalizados. Esta es la razón por la que el relevamiento de la propiedad va a ser una de las partes más importantes del proceso.

Actualmente existen varias técnicas de captura de datos, muy variadas en cuanto a método y alcance. Durante la investigación se analizaron estas técnicas, dividiéndolas en las categorías de automáticas o manuales. Las técnicas automáticas son aquellas que permiten la captura de datos mediante tecnología que automatiza partes del proceso, disminuyendo el tiempo y esfuerzo requerido. Algunas sirven para la captura de datos de las características físicas del edificio, mientras que otras permiten adquirir la información futura de los objetos.

Entre estas técnicas se destacan el escaneo laser 3D (Scan-to-BIM) y la fotogrametría, las principales técnicas de teledetección (Klein et al., 2011). En los 2 casos es necesario que los datos sean procesados por personal calificado, aunque las ventajas y problemas de cada método son distintas.

En el caso del escaneo laser 3D, los datos que se consiguen son detallados y exactos, en tanto el entorno lo permita, especialmente la reflexión o tipos de texturas de los objetos (Klein et al., 2011). Otro problema muy común es la dificultad de los equipos para capturar bordes o esquinas, de por sí tan sensibles que cualquier ajuste puede generar errores en la exactitud de los datos finales.

La fotogrametría es, respecto de la técnica anterior, de menor coste, pero menor precisión. El nivel de automatización que se puede conseguir con esta técnica no es único, por lo que los resultados no son homogéneos. Aun así, a mayor es el nivel de automatización, más datos se consiguen, pero tanto la cantidad de errores que habrá, en especial respecto a texturas o puntos en imágenes similares, será mayor (Klein et al., 2011).

Es así que se llegó a la conclusión de que, aunque ambas técnicas tienen muchos beneficios, tienen limitaciones y por tanto es mejor utilizar varias técnicas. Aquí se propone hacer el relevamiento utilizando el escaneo laser 3D en conjunto con una verificación manual de los datos y el uso de técnicas manuales para el relevamiento de los objetos.

Para el tercer paso en la recolección de datos, es decir, encargarse de las medidas necesarias para los datos futuros de los objetos, se plantea el uso de técnicas de etiquetado. Aunque se analizaron tanto el uso de RFID como el uso de códigos QR, se concluyó que las características y el coste asociado a los códigos QR lo hacían más sencillo de aplicar. Después de considerar varias formas de integrar el etiquetado al proceso, se decidió que en este momento solo se identificarían los objetos y lugares de interés estratégico para el FM a los cuales se agregarían códigos QR.

Cabe destacar que, como cada técnica supone un costo económico y un tiempo distinto, las técnicas que estén al alcance de cada proceso dependerán de los recursos a su disposición y la situación particular del edificio. Por lo tanto, esto será lo que determine el tiempo, el coste y el esfuerzo a dedicar en el relevamiento del edificio, y la calidad y cantidad de la información obtenida.

## 2.2. Modelo as-built

Tras conseguir la documentación existente y los datos del relevamiento, se crea el modelo BIM as-built (Fig. 1). Para esto, primero se deberá procesar la información obtenida, es decir, ingresar al fichero Revit los datos de las distintas fuentes y unirlos, para después continuar con el modelado. Usualmente, estas dos tareas tienen una relación tan estrecha que se deberán hacer al mismo tiempo.

Para modelar un elemento, se deben ingresar varios datos, la forma del objeto, su identidad y su relación con los otros objetos del modelo (Tang et al., 2010). Como se mencionó antes, para cualquier técnica de captura de datos, incluso las automáticas, el ingreso de datos debe hacerse de forma manual. Esto convierte a la creación del modelo en la parte más compleja y larga de todo el proceso.

Una vez que se termina de modelar el edificio, con las características físicas e información correspondiente, se ingresan los datos de los objetos asociados al edificio (instalaciones, equipamiento y otros). Finalmente, es aquí que se crearán los códigos QR, consiguiendo la información pertinente del mismo modelo. Se deberán ubicar tanto en el objeto real como en su representación en el modelo, de forma que sean fáciles de identificar

## 2.3. Mejoras en actividades de FM

Para terminar el proceso, se deben aplicar las mejoras en las actividades de FM. Esto implica hacer ajustes y agregar más elementos al modelo BIM as-built, utilizando para esto herramientas de Revit y otro software comercial perteneciente a Autodesk, cuyo funcionamiento ya está asociado a Revit. Tras determinar qué mejoras se iban a realizar y organizar el procedimiento a seguir, se dividieron en dos categorías: las que son aplicables a cualquier actividad de FM y las que son aplicables a actividades particulares.

Durante la investigación se estudiaron el Autodesk A360, el Green Building Studio y el Autodesk Insight. Aunque aquí no se plantea un orden exacto de aplicación de los ajustes al modelo, sí se recomienda que se usen estos programas después de usar todas las herramientas del Revit. Con esto, se da por terminado el procedimiento para aplicar BIM a las actividades de FM. Como se ha mencionado, durante la investigación se determinó que muchos aspectos del proceso dependerán de las características del edificio al que se aplique, por lo que se creó un workflow que incluyera todos los pasos posibles (Fig. 2).

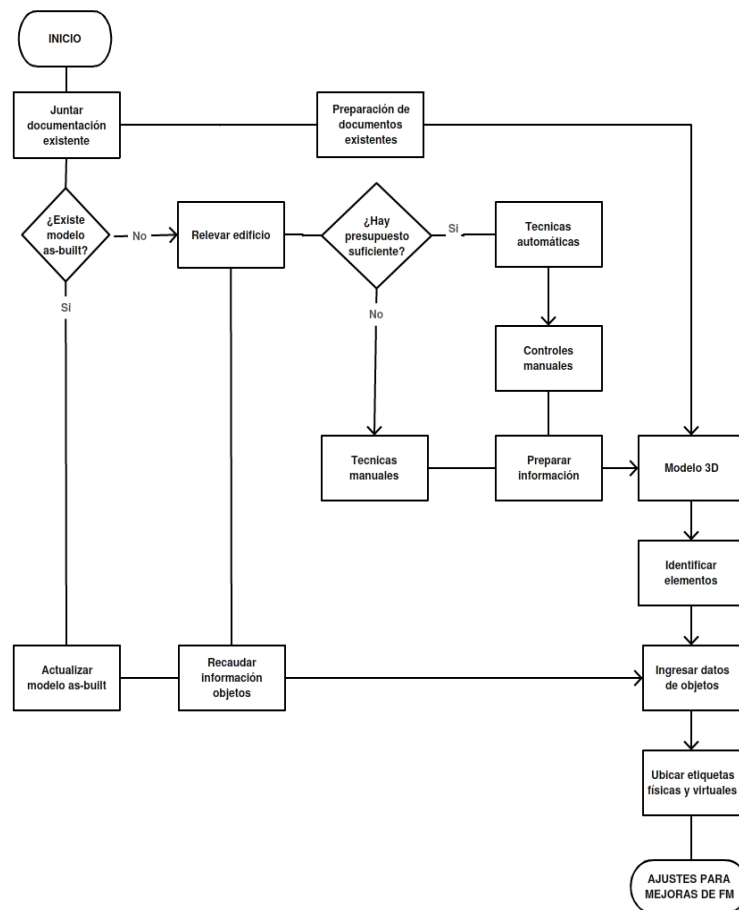


Fig. 2.- Workflow completo del proceso (Elaboración propia, 2018)

### 3. Caso práctico

#### 3.1. Proceso de modelado

Una vez diseñado el proceso, se analizó su efectividad aplicándolo a un caso real en la ciudad de Montevideo, Uruguay. La propiedad elegida es un edificio de 3 niveles, con 8 viviendas destinadas a alquiler. El objetivo era analizar la idoneidad de la propuesta teórica respecto de su aplicación a la mayor cantidad posible de edificios existentes. Por lo tanto, se eligió un edificio de pequeña escala (900 m<sup>2</sup>) y presupuesto reducido, ya que así las mejoras logradas no serán dependientes de características únicas al proyecto y serán reproducibles en propiedades con los mismos o más recursos.

En primer lugar, se recopiló la documentación existente. Esta correspondía a la de la etapa de construcción, pero se sabía que el edificio no ha sufrido cambios desde entonces. Además, el presupuesto, tanto como para las actividades de FM del edificio como para el proceso, iba a ser reducido. Una vez hecho esto, el workflow mencionado antes fue ajustado a la realidad del edificio. Se determinó que, para conseguir el resto de la información, se iba a tener que hacer un relevamiento del edificio con técnicas de captura de datos manuales.

Una vez obtenida la información, esta se ingresó al modelo de Revit, empezando por la configuración de los materiales, el terreno y los elementos físicos (tipos de muros, forjados, ventanas y similares). Como el objetivo era crear un modelo BIM, el producto final debía ser la propiedad más su información, que no solo es lo configurado antes. Por lo tanto, una vez que se hizo el modelo 3D, se usó la herramienta “habitaciones”, mediante la cual se pudo asociar información a las distintas áreas. Una vez terminado el modelo del edificio en sí, se modelaron, ubicaron e identificaron los objetos, considerando que lo importante

es que fueran "reconocibles", más que la literal identidad del objeto con la realidad. Es decir, que una mesa sea "similar" a la real, y asignarle los parámetros reales del objeto (Fig. 3). Fue en este momento del proceso que se analizó para qué objetos sería beneficioso tener códigos QR. Se estableció como criterio la capacidad que tendría el código de servir como apoyo en tareas de FM que sean llevadas a cabo por agentes sin acceso al modelo.



Fig. 3.- Identificación de objetos modelados con los reales, a efectos de parametrización (Elaboración propia, 2018)

### 3.2. Mejoras logradas

Una vez alcanzado este punto en el modelo, se hicieron los ajustes para las mejoras en FM. Como se mencionó antes, las mejoras logradas se dividen entre las que son aplicables a cualquier actividad y las que afectan a áreas específicas. Sobre el segundo caso, se destaca el uso del Green Building Studio que, desde el mismo Revit, crea un modelo energético, lo analiza y da resultados gráficos de la situación energética del edificio, permitiendo así monitorear el comportamiento energético.

Entre las mejoras relacionadas a cualquier actividad, se destacaron aquellas sobre visualización y accesibilidad de la información. Para la visualización de la información, se usaron herramientas de Revit como "orientación de vista", "tablas de planificación" y "parámetros", mientras que para la accesibilidad se utilizó el Autodesk A360. Esta aplicación permite acceder al modelo desde un ordenador, un Tablet o móvil, asociar comentarios al modelo o comunicarse entre distintos actores con permiso de acceso. El principal beneficio de usar esta aplicación es que, cuando surjan problemas que requieran de información del edificio en sí, como reparaciones, por ejemplo, esta se puede tener en el lugar de forma instantánea, sin tener que trasladarse ni generar copias físicas.

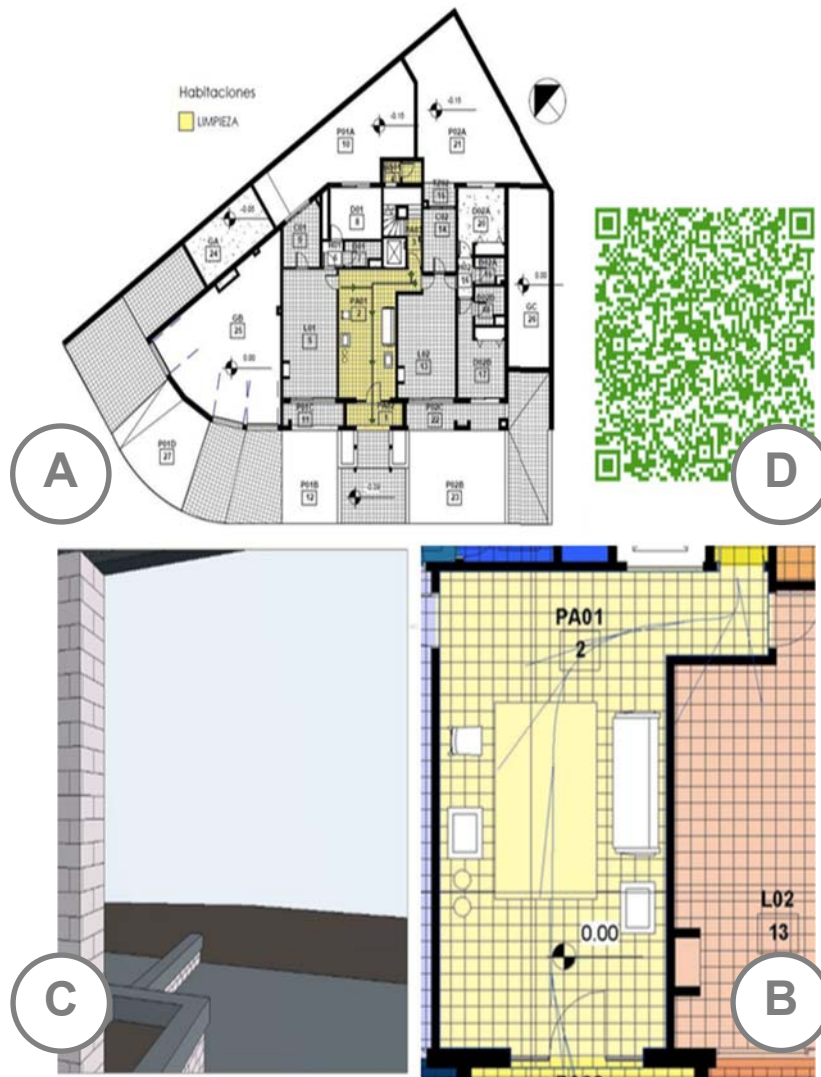


Fig. 4.- Herramientas aplicadas para mejoras de FM: a) Esquema de colores, b) Recorridos, c) Videos y d) Códigos QR (Elaboración propia, 2018)

Quando se analizaron todas las mejoras, se evidenció que la mayoría fueron realizadas mediante el uso de las mismas herramientas de Revit. Con “recorridos” y “videos” se lograron mejoras en actividades como gestión de emergencias o RR.HH., coordinando la información existente y creando documentos de apoyo. Con “esquema de colores”, se mejoró en gestión de emergencias, operaciones diarias y mantenimiento, identificando áreas por temas o tareas a realizar. Otra herramienta muy utilizada fue el parámetro “datos de identidad”, que permitió ingresar la información de distintos elementos del edificio y generar una base de datos útil para las actividades de FM diarias. En el caso de información muy extensa o detallada, como el historial de los equipos, el parámetro usado es “parámetro URL”, con el cual se puede asociar al modelo una página web o una ruta de acceso a un archivo.

Por último, con toda la información concentrada en el modelo se tomó lo necesario para crear e instalar los códigos QR. Es así que se logró implantar un proceso para aplicar BIM a FM a un caso real. El modelo creado es capaz de contener y coordinar toda la información requerida para realizar las tareas de FM, con lo cual se logró el objetivo inicial, es decir, comprobar que el procedimiento teórico planteado puede ser aplicado en casos reales (Fig. 4).

#### 4. Conclusiones

Actualmente, es posible optimizar el FM de un edificio existente mediante la integración de BIM. Los principales factores serán el presupuesto disponible, ya que esto limitará los recursos que se puedan conseguir, y la capacidad de la tecnología usada. De hecho, la limitación principal será el desfase entre las necesidades del proceso y los avances tecnológicos actuales.

La principal dificultad durante la investigación fue la creación del modelo, un proceso que fue largo y complejo. Esto se debe a que, aun cuando se utilizan técnicas de captura de datos automáticas, gran parte del proceso de ingreso de datos al software se mantiene manual. Revit puede almacenar mucha información, muy variada, pero la gran mayoría todavía debe ser ingresada de forma manual. Como el ingreso de datos fue la parte más larga de la creación del modelo, esto marcó la duración de todo el proceso. Este hecho es particularmente importante, ya que la gran mayoría de los edificios actualmente en uso no tienen un modelo BIM. En esos casos, integrar BIM a FM sería un proceso muy largo, lo que podría disuadir a los distintos actores de aplicarlo.

A su vez, esto significa que la cantidad de agentes involucrados en el proceso va a ser un factor a tomar en cuenta. El presupuesto determinará las técnicas de captura de datos usadas y, por tanto, el esfuerzo a dedicar. Si el presupuesto es reducido, las técnicas de captura de datos requerirán de mucho esfuerzo, con adecuada capacitación del personal interviniente para ajustar los tiempos consumidos en la creación.

Finalmente, se concluyó que, para que la optimización de las actividades de FM se mantenga en el tiempo, es necesario que el modelo sea actualizado de forma regular y que se logre la cooperación entre los distintos actores. Por lo tanto, el éxito dependerá de la constancia de los involucrados.

#### 5. Futuras líneas de investigación

Durante la investigación, surgieron varios puntos de interés cuyo análisis serviría para avanzar en la aplicación de BIM en FM. Estas propuestas son respecto de mejoras en la tecnología que facilitarían el estudio y comparación de futuros casos prácticos.

En primer lugar, sería beneficioso estudiar formas de estandarizar el proceso, incluso de forma parcial. A modo de inicio, se propone crear una forma estandarizada de registrar los pasos que se tuvo que llevar a cabo hasta tener el modelo con los ajustes para las actividades de FM. Si fuera parte de Revit, como un modelo de tabla de planificación o un add-on, se podría lograr un registro fácil de compartir entre los usuarios. Estos registros serían fuentes de información que ayuden a determinar qué partes del proceso son comunes a cualquier proyecto y cuales difieren.

También se propone estandarizar la forma de separar datos necesaria en grandes proyectos. Durante la investigación, el tamaño del modelo no superó la capacidad del ordenador usado, pero el caso era un edificio de pequeña escala. Para edificios de gran escala, el trabajo se deberá dividir en varios archivos y si hay un formato común a todos, será más fácil identificar similitudes entre los procesos. Dos opciones ya utilizadas son separar por piso o por disciplina.

Además, se propone investigar formas de integrar las técnicas de etiquetado a Revit. Aunque existen algunas investigaciones donde se conectan los códigos QR al modelo de forma automática, no existen ejemplos a nivel comercial. El uso de códigos QR en el caso práctico generó beneficios a pesar de que casi no hubo interacción directa entre estos y el modelo BIM. Por lo tanto, se entiende que, de haber mayor conectividad entre ambas tecnologías, se mejoraría el proceso.

Por último, la implementación de BIM en FM requiere de la optimización constante de los procedimientos existentes y enfatizar el trabajo de equipo. Es así que se propone investigar la integración de la metodología Lean, como herramienta de mejora del proceso.

## 6. Referencias

BARLISH, K., & SULLIVAN, K. (2012). "How to measure the benefits of BIM - a case study". *Automation in Construction*, Vol. 24 (2012), pp. 149-159. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580512000234>> [Consulta: 19 de junio de 2017]

BECERIK-GERBER, B., JAZIZADEH, F., LI, N., & CALIS, G. (2012). "Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled Facilities Management". *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 138 (3), pp. 431-442. <[http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000433](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000433)> [Consulta: 19 de junio de 2017]

KLEIN, L., LI, N., & BECERIK-GERBER, B. (2011). "Image-based verification of as-built documentation of operational buildings". *Automation in Construction*, Vol. 21 (2012), pp. 161-171. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580511001129>> [Consulta: 4 de octubre de 2017]

MAGEE, G. (1988). *Facilities Maintenance Management*. Kingston: John Wiley & Sons Inc.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES (2016). *What is BIM*. <<https://www.nationalbimstandard.org/faqs>> [Consulta: 28 de julio de 2017]

TANG, P. et al. (2010). "Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: A review of related techniques. *Automation in Construction*, Vol. 19 (2010), pp. 829-843.

## Automatización de la transferencia de datos entre Revit y el Passive House Planning Package (PHPP)

Calvo Ferrándiz, Juan<sup>a</sup> y Cuesta Pérez-Agua, Pablo<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Arquitecto, BIM Expert, C# Developer y Passivhaus Designer – Glauco [juancalvo@glaucoestudio.com](mailto:juancalvo@glaucoestudio.com),

<sup>b</sup>Arquitecto y Consultor BIM – Glauco [pablocuesta@glaucoestudio.com](mailto:pablocuesta@glaucoestudio.com)

---

### Abstract

*Passivhaus is the energy efficiency standard with the highest growth worldwide, with more than 38,000 projects designed, built and monitored. Its methodology is based on controlling the demand for heating and cooling. Passive House Planning Package (PHPP) is the official tool of the Passivhaus Standard. It is calibrated with a program of dynamic simulations, designed especially for buildings of low energy consumption, the DYNBIL. It is a hybrid energy tool that combines the concepts of simplified and dynamic energy calculations based on the international standard EN13790.*

*At Glauco Estudio and in collaboration with the Passivhaus Institute, we are developing a Revit add-in (PassivLink) to export all the necessary information in a Passivhaus certification that its provide by a BIM model directly to PHPP.*

*This communication aims to deepen in the development of the application with real projects, understanding that the automation of processes must go in the context of a methodology. A strategy or method based on two main blocks: The visual analysis of the information model and the creation and management of exact numerical data, which will seek to optimize the processes and specify the objectives.*

**Keywords:** Revit, Passivhaus, add-in, PHPP, Revit API, c#, methodology, optimization, automation, energy efficiency

---

### Resumen

*Passivhaus es el estándar de eficiencia energética con mayor crecimiento a nivel mundial con más de 38.000 proyectos diseñados, construidos y monitorizados. Su metodología se fundamenta en el control de la demanda de calefacción y refrigeración. El Passive House Planning Package (PHPP) es la herramienta oficial del estándar Passivhaus desarrollada en un entorno de formato MsExcel. Está calibrada con un programa de cálculo dinámico concebido especialmente para edificios de bajo consumo, el DYNBIL. Es una herramienta híbrida de cálculo energético que combina conceptos de cálculos energéticos simplificados y dinámicos, basados en el estándar internacional EN13790.*

*En Glauco Estudio y en colaboración con el Passivhaus Institute, estamos desarrollando un addin (PassivLink) de Revit para exportar toda la información necesaria en una certificación Passivhaus que nos proporciona un modelo BIM de manera directa al PHPP.*

*La presente comunicación pretende profundizar en el desarrollo de la aplicación con proyectos reales, entendiendo que la automatización de procesos debe ir en el contexto de una metodología. Una estrategia o método basada en dos grandes bloques: El análisis visual del modelo de información y la creación y gestión de datos numéricos exactos, que buscará optimizar los procesos y precisar los objetivos.*

**Palabras clave:** Revit, Passivhaus, addin, PHPP, Revit API, c#, metodología, optimización, automatización, eficiencia energética

---

## Introducción

El calentamiento del sistema climático es inequívoco, y diversos estudios demuestran su estrecha relación al aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI). El sector de la edificación es responsable de cerca del 40% de las emisiones de CO<sub>2</sub>. La Directiva Europea 2010/31/UE establece el concepto de *Nearly Zero Energy Building* (nZEB) para mejorar la eficiencia energética de los edificios en Europa. El 31 de diciembre de 2020 (31 de diciembre 2018 para el sector público) todos los edificios de nueva construcción deberán ser nZEB.

Diversos países como Bélgica, Luxemburgo y Finlandia, así como varias ciudades de Alemania y Austria, han implementado el estándar Passivhaus en los primeros acercamientos intermedios a los edificios nZEB.

BIM facilita la mejor resolución de problemas potenciales de construcción en la etapa de diseño, reduciendo costos, residuos y reelaboración innecesaria de documentación, ayudando a cerrar la brecha entre diseño y rendimiento, permitiendo un exhaustivo control de la vida útil del edificio. BIM crea modelos inteligentes que van más allá de una visualización en 2d o 3d, son modelos llenos de información para una materialización virtual con un potencial sin un límite claro a día de hoy.

### 1. Transferencia de datos entre el PHPP y los software BIM

La transferencia de datos entre el PHPP y los software BIM es actualmente muy limitada. Esta situación se produce principalmente al trabajar el PHPP en un entorno de formato MsExcel.

Actualmente existen distintas aproximaciones que pasamos a analizar.

El Design PH es un software desarrollado por el *Passive House Institute* (PHI). Trabaja con el software SketchUp (programa de diseño 3d con aproximaciones muy limitadas a BIM). Permite la transferencia de datos del modelo 3d creado de “superficies” (SRE, muros, suelos, techos y puentes térmico) “ventanas”, “sombras” y “componentes”. El programa permite exportar la información utilizando un algoritmo heurístico que infiere con los sistemas constructivos y componentes, la zona climática que habremos podido especificar y grupos de áreas. Con el plugin también se podrá hacer una primera aproximación de la demanda de la calefacción anual antes de acceder al PHPP, donde se parte de valores promedio para factores como el ratio de ganancias internas de calor o la tasa de renovación de aire efectiva.

El formato de salida que exporta el programa será PPP, creado por PHI. Se ha estudiado la capacidad de exportación de Revit (software BIM) a formato .skp (extensión nativa de SketchUp) para su posterior cálculo en DesignPH. La exportación se debe hacer a través de un archivo DWG, con las limitaciones que supone el convertir un archivo BIM, a un archivo de dibujo computarizado. Se obtienen los siguientes resultados: la exportación actual, con SketchUp 2016 y Revit 2017, da problemas básicos en la interpretación de las geometrías de exportación cuando el modelo 3d adquiere cierta complejidad. Toda la información de los componentes de los archivos BIM se pierde en la conversión. DesignPH trabaja con volúmenes de caras simples, por lo que la exportación de los elementos constructivos, tales como muros, cubiertas y suelos, carece de sentido para la funciones del plugin. Los componentes ventanas y puertas importados del archivo BIM no tienen ningún tipo de utilidad, ya que DesignPH requiere de la inserción directa de su base de datos de estos elementos para su interpretación en los cálculos de demanda de energía, utilizando formas geométricas sencillas en 2d para su inserción. No se han realizado pruebas con otros programas de BIM.

El segundo software se llama PH-Tool. Se trata de un software que transfiere datos sobre cantidades, dimensiones, orientaciones y áreas. No hay más información pública disponible, y a fecha de la redacción del artículo, ha sido imposible contactar con la empresa distribuidora. La página web tampoco se encuentra disponible.

El tercer programa funciona con archiCAD y su nombre es EcoDesigner Star. Funciona desde la versión 17 de archiCAD en adelante. El plugin trabaja con el módulo de software integrado en archiCAD *VIP-Core Dynamic Simulation Engine*. El software permite hacer una exportación limitada. Cabe destacar que el programa permite calcular de manera independiente las demandas de calefacción y refrigeración, el

consumo de energía primaria y la hermeticidad del proyecto. Ha sido imposible acceder al sistema de cálculo de dichos valores.

Tabla 1. Compatibilidades EcoDesigner y PHPP. Fuente: EcoDesigner STAR™ User Manual (2014)

Data location in EcoDesigner	Data location in PHPP
Structures	Areas
Building shell elements	Area Input entries
Orientation	Building Element Description
Building structure	Building Assembly Description
Area	Area Input / User Determined
Thermal Property Assignment	Corresponding Building Element Assembly
U-value Calculator	U-Values
Skin Name	Area Section
External heat transfer coefficient	Heat Transfer Resistance exterior (reciprocal of the External heat transfer coefficient)
Internal heat transfer coefficient	Heat Transfer Resistance interior (reciprocal of the Internal heat transfer coefficient)
Thermal Conductivity	Thermal Conductivity
Thickness	Thickness
Thermal Conductivity	Thermal Conductivity
Openings	Windows
Openings on building shell entry (combined*)	Windows list entry (each ArchiCAD opening individually)
Orientation	Description; Deviation from North; Angle of Inclination from the Horizontal
(From ArchiCAD building model)	Window Rough Openings / Width and Height
(From ArchiCAD building model)	Installed in Area in the Areas worksheet

Al mismo tiempo existe una línea de investigación de la cual no hay noticias desde 2015 que se sintetiza en un sistema denominado PassivBIM. El software se desarrolla para conseguir un entorno basado en Java donde la transferencia de información tanto de las herramientas BIM al PHPP, como en el sentido contrario, sea posible.

El desafío principal para la implementación de PassivBIM consiste en la extracción y procesamiento de la información del modelo geométrico desde un archivo *Industry Foundation Classes* (IFC). Importante señalar que las clases y objetos IFC representan un modelo de información tanto geométrico como alfanumérico, formado por un conjunto de más de 600 clases y en continua ampliación. Todos los programas de software que soportan IFC pueden leer y escribir información e intercambiarla con otros programas. De este modo se comunica “objetos”, con funcionalidad y propiedades. Según informan los desarrolladores de PassivBIM, se optaron por archivos IFC, en lugar de *Green Building eXtensible Markup Language* (gbXML), debido a ser un formato de archivo “público, no privado y bien desarrollado para edificios y arquitectura que existe actualmente”. También señalan un mayor alcance en el mercado que el gbXML.

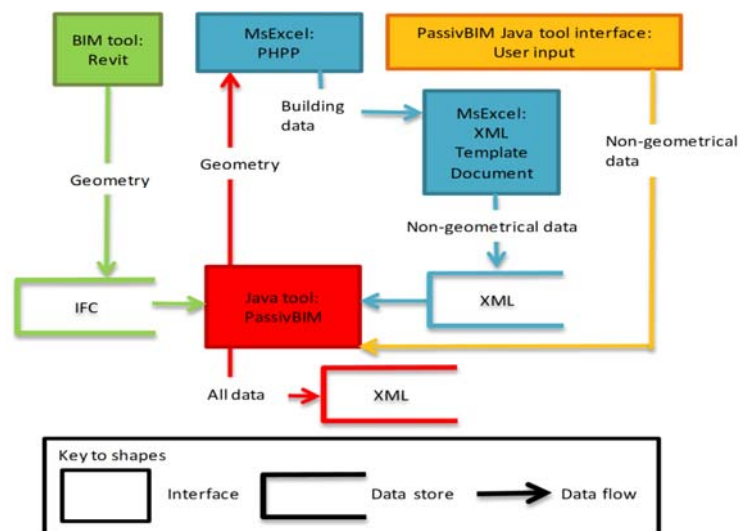


Fig. 1 Diagrama Gane & Sarson. Trasmisión de datos en PassivBIM. Fuente: PassivBIM: Enhancing interoperability between BIM and low energy design software

De los programas estudiados se concluye que la exportación de Revit a BIM no está resuelta.

También es importante señalar dentro del contexto actual de la investigación la importancia de integrar los procesos de automatización dentro de una metodología que sea accesible a todos los miembros del equipo del proyecto. La metodología deberá definir claramente los objetivos estratégicos de implementación de BIM en el proyecto. También se definirá claramente el futuro uso de la información que se está desarrollando, la capacidad del equipo, experiencia y recursos disponibles. Podemos situar este concepto dentro de un BIM Execution Plan (BEP).

Dentro del marco de estructuración establecido por la PROJECT EXECUTION PLANNING GUIDE (PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY) de los usos en IBIM, se concluye la importancia de integrar en los proyectos Passivhaus, un uso independiente para la evaluación Passivhaus. En este contexto, se definirán los responsables del uso, los agentes involucrados, los valores y riesgos asumidos, los procesos que se acometerán, los sistemas de intercambio de información y los niveles de desarrollo en función de los objetivos.

Los dos bloques en los que se centra la investigación son: 1) El análisis visual del modelo de información 2) Creación y gestión de datos numéricos exactos.

El primer punto se basa en las técnicas que permitan usar el modelo 3D para analizar la a) envolvente térmica y puentes térmicos, b) la línea de hermeticidad, c) una coordinación interdisciplinaria del modelo y d) detección de interferencias. El segundo punto se extiende en los sistemas para producir datos numéricos actualizables precisos para a) superficie de referencia energética (SER), b) volúmenes de ventilación y totales del edificio, c) las áreas de pérdida de calor y áreas de apertura de huecos y d) datos introducidos en los componentes.

## 2. Gestión de la información. Parámetros compartidos

Los parámetros son uno de los pilares fundamentales de Revit. Con ellos se puede almacenar, gestionar, filtrar y exportar los datos que necesitamos en los proyectos Passivhaus. Para ello es clave entender las diferencias que existen entre los 4 tipos que hay: De proyecto, de familia, de sistema y compartido.

Tabla 2. Tipos de Parámetros en Revit. Fuente: Glauco Estudio (2017)

TIPO	CREACIÓN	DEFINICIÓN	GENERACIÓN	CAPACIDAD DE ETIQUETADO	VISIBILIDAD DE TABLAS
DE PROYECTO	PROYECTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificables.</li> <li>• Aplicables a todos los objetos.</li> </ul>	USUARIO	NO	SI
DE FAMILIA	FAMILIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificables.</li> <li>• Aplicables solo en archivos de familia.</li> </ul>	USUARIO	NO	NO
DE SISTEMA	PROYECTO / FAMILIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No modificables.</li> <li>• Parametros por defecto.</li> </ul>	PROGRAMA	SI	SI
COMPARTIDO	PROYECTO / FAMILIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificables.</li> <li>• Máxima portabilidad y flexibilidad de aplicación.</li> </ul>	USUARIO	SI	SI

Entendiendo las características expuestas en la Tabla 2, podemos decir que los parámetros compartidos son los parámetros con las mejores características para trabajar con un proyecto Passivhaus. Es importante entender que la diferencia de un parámetro compartido de otro es su número único o GUID. Si introdujéramos dos parámetros compartidos con el mismo nombre, pero con distinto GUID tendríamos dos parámetros en el archivo Revit. Por tanto, es importante tener cuidado con los parámetros compartidos y asegurarnos de que no nos estamos refiriendo al mismo parámetro. La clave para un correcto uso de los parámetros compartidos es asignar su edición a un único técnico del equipo de modelado BIM. Proyecto Passivhaus y BIM.

Para facilitar la comprensión y entendimiento de los conceptos de este artículo se ha decidido su demostración en un proyecto de reforma integral donde la metodología Passivhaus está presente, pero donde los pocos metros cuadrados de la intervención, así como la sencillez espacial, permite centrar la atención en la metodología BIM.



BIM ayuda a todos los que trabajan en un proyecto a coordinar y comunicar la información generada en el proyecto con todos los profesionales involucrados. La transferencia de conocimientos es ágil, llevando a mejorar la precisión y evitando rehacer documentación innecesariamente. Desde la herramienta Revit la mejor manera de trabajar en un proyecto compartido es mediante un archivo central. Para la buena coordinación de un equipo en un proyecto es necesario que todos los miembros del equipo tengan claros unos objetivos de trabajo bien marcados, con una traslación directa a los permisos desde el archivo central a los archivos locales.

Es recomendable tener un protocolo de generación de copias de seguridad de los archivos centrales cuando se está trabajando en un proyecto colaborativo. Al trabajar muchas personas en el mismo archivo, si un archivo central se corrompe, las pérdidas de tiempo se multiplican por el número de trabajadores que lo han editado desde el último guardado de seguridad.

A la hora de identificar posibles interferencias entre todos los componentes y elementos que forman parte de un proyecto, existen herramientas que van más allá de la simple identificación visual del usuario. El propio programa de Revit permite detectar interferencias de las tres disciplinas del programa: Arquitectura, Estructura y MEP, mediante la ejecución del comando “comprobación de interferencias”. Para que esta herramienta sea útil, es imprescindible un modelado preciso.

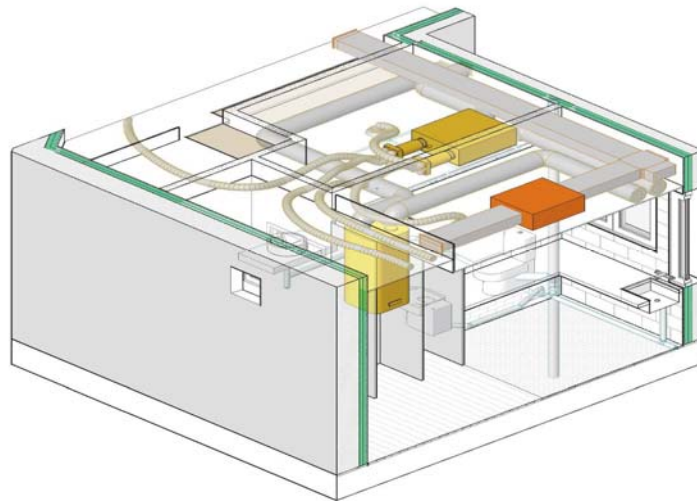


Fig. 4 Axonometría proyecto. Fuente: Glauco Estudio (2017)

#### 4. Creación y gestión de datos numéricos exactos

Los archivos BIM contienen una gran cantidad de información y parámetros, siendo la principal dificultad su correcta gestión. Un buen manejo de las tablas, así como entender las principales diferencias entre los parámetros BuiltInParameter (de sistema) y Userdefined (definidos por el usuario) que nos proporciona la API de Revit, nos permitirá sacar el máximo rendimiento a todos los datos que nos proporciona un modelado completo.

Mediante una correcta creación de los parámetros a utilizar, podremos crear tablas con los datos necesarios para conseguir: a) superficie de referencia energética (SRE), b) volúmenes de ventilación y totales del edificio y c) las áreas de pérdida de calor y áreas de apertura de huecos y d) datos introducidos en los componentes. Si cogemos como ejemplo la obtención del valor SRE, podemos concluir que la mejor manera de conseguirlo será la creación de tablas con ecuaciones donde: a) Se multiplique por el factor corrector (100%,60%,50%,0%) correspondiente del manual del PHPP las distintas áreas antes de sumarlas. b) Para ello se utilizará un parámetro de listado.

Tabla 3: Tabla tipo de gestión de datos con parámetros destinados al PHPP. Fuente: Glauco Estudio (2017)

tabla. ESTADO REFORMADO. ventanas								
Tipo	Anchura	Altura	Altura de antepecho	Orientación	PL Thermal Envelope	Ug (W/m²k)	Uf (W/m²k)	Uw (W/m²k)
V1 900 x 1500 mm	0.90 m	1.50 m	0.90 m	Este	Sí	0.64	1.03	0.83
V2 1100 x 1500 mm	1.10 m	1.50 m	0.90 m	Oeste	Sí	0.64	1.03	0.83
V3 880 x 1500 mm	0.88 m	1.50 m	0.90 m	Norte	Sí	0.64	1.03	0.83
V4 1300 x 1050 mm	1.30 m	1.05 m	1.35 m	Norte	Sí	0.64	1.03	0.83
V5 700 x 1500 mm	0.70 m	1.50 m	0.90 m	Norte	Sí	0.64	1.03	0.83
V6 1090 x 1500	1.09 m	1.50 m	0.90 m	Norte	Sí	0.64	1.03	0.83
V7 970 x 1500	0.97 m	1.50 m	0.90 m	Este	Sí	0.64	1.03	0.83
V8 900 x 600 mm	0.90 m	0.60 m	2.17 m	Suroeste	Sí	0.64	1.03	0.83
V8 900 x 600 mm	0.90 m	0.60 m	2.17 m	Suroeste	Sí	0.64	1.03	0.83
V9 720 x 570 mm	0.72 m	0.57 m	2.17 m	Sur	Sí	0.64	1.03	0.83
V9 720 x 570 mm	0.72 m	0.57 m	2.17 m	Sur	Sí	0.64	1.03	0.83
V10 940 x 540 mm	0.94 m	0.54 m	2.17 m	Sur	Sí	0.64	1.03	0.83
Total general: 12								

## 5. PassivLink

En Glauco Estudio estamos desarrollando un addin de Revit para la transferencia directa al PHPP desde Revit en colaboración con Instituto Passivhaus y que se presentaremos en Congreso Internacional Passivhaus de Munich de 2018.

Los cuatro objetivos que busca optimizar PassivLink son: Ahorrar tiempo en la transferencia de datos al automatizar el proceso, permitir a los Passivhaus Designers centrar sus esfuerzos en el diseño, evitar los errores en la inserción manual de datos y optimizar la visualización de data en Revit.

Para el desarrollo de la aplicación se ha contado con la ayuda de IBIM, empresa de servicios de consultoría relacionada con el uso y la implementación de la tecnología BIM.

La aplicación ha sido desarrollada en Visual Studio en C#, y se estructura en una plantilla proxy, permitiendo así un subrogado o intermediario de las clases de la API de Revit.

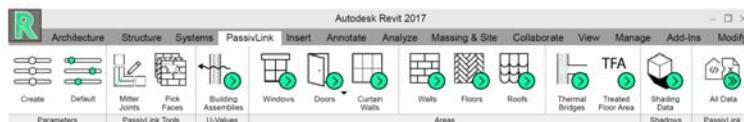


Fig. 5 Interfaz de PassivLink: Glauco Estudio (2017)

Se utiliza el Interop Namespace para la interoperabilidad entre Revit y MsExcel, permitiendo la visualización de inserción de los datos.

El esquema principal del que se partió era exportar el mayor número de datos requeridos por el PHPP, con la menor manipulación posible del archivo de partida. Para ello se buscó identificar los datos que podían verse afectados en función del modelado del usuario. También se clasificaron los datos en cuatro grupos: Aquellos que podían exportarse directamente, los que requerían de cierta manipulación, los que debían ser generados mediante cálculos externos por la aplicación y los que debía introducirse en Revit por el usuario.

En estos últimos se optó por introducir un valores por defecto, que son aquellos que se producen más frecuentemente en los proyectos Passivhaus.

Una de las claves que se detectaron desde el principio fue buscar la posibilidad de generar un trazabilidad visual, permitiendo al usuario de la aplicación conocer en todo momento los elementos que exporta. Para ello se utilizó el Analysis Namespace de la API de Revit.

La aplicación se divide en tres grupos: Parámetros, Herramientas y Exportado. El grupo Exportado, a su vez puede ser dividido en: Valores-U, Data, Sombras y Data Total.

El grupo Parámetros permite la creación e inserción de los valores por defecto en los parámetros requeridos por la aplicación.

El grupo Herramientas consiste en dos funcionalidades que permite preparar y optimizar ciertas superficies para exportar sus áreas.

El grupo Exportado permite transferir la información requeridas por el PHPP a sus precisas celdas.

## **6. Discusión y Conclusiones**

Las soluciones tecnológicas BIM, que se están extendiendo exponencialmente a nivel global a un ritmo vertiginoso durante los últimos años, son el presente y futuro del paradigma de las herramientas de diseño.

Revit, a día de hoy, es ya una herramienta que facilita enormemente el trabajo de los profesionales involucrados en un proyecto Passivhaus.

Tras la investigación también concluimos dos puntos importantes: Primero, la adecuación de la herramienta es un proceso gradual que requiere una planificación específica, y a poder ser asesorada. Segundo, los conocimientos aplicados son de un nivel avanzado, donde se recomienda tener experiencia previa en la generación de proyectos arquitectónicos con Revit, antes de dar el salto a un proyecto Passivhaus.

La aparición de pequeños programas, o addins, desarrollados por terceros, está permitiendo optimizar y generar tareas específicas en sectores reducidos, dando un paso más en el mundo BIM. Desde Glauco Estudio estamos trabajando para crear una aplicación que reduzca considerablemente los tiempos empleados en la transferencia de datos de Revit al PHPP (PassivLink), al mismo tiempo que se optimiza la generación específica de la documentación requerida en una certificación Passivhaus.

Los conocimientos principales específicos aplicados necesarios son: Familias paramétricas, creación y gestión de parámetros, entendimiento de todas las diferencias de parámetros existentes, tablas de planificación y transferencias de datos mediante PassivLink o programación gráfica con Dynamo.

Una buena planificación, así como un plan estratégico de desarrollo de los objetivos a alcanzar fue fundamental a la hora de establecer un contexto de partida en el desarrollo de la aplicación, permitiendo una mejor coordinación del equipo y de la gestión de recursos.

La búsqueda de feedback constante por los usuario más interesados, entendiendo sus necesidades y su capacidad de interacción con la aplicación también en uno de los puntos clave a tener en cuenta a la hora de desarrollar una aplicación de las características de PassivLink.

La automatización de procesos en cada vez más una necesidad del mercado del sector de la construcción, donde todos los equipos de profesionales que no entiendan esta situación se exponen a una desconexión del devenir del sector por falta de capacidad de competencia.

## 7. Referencias

(2011) *Project Execution Planning Guide*. Computer Integrated Construction (CIC) Research Program at Penn State.

(2014). *EcoDesigner Star Manual*. Graphisoft.

(2016) *DesignPH Manual*. Passive House Institute.

CEMESOVA, A., HOPFE, J. Y REZGUI, Y. (2013) "An approach to facilitating data exchange between BIM environments and a low energy design tool". *Automation in Construction*.

CEMESOVA, A., MCLEOD, S.M. Y HOPFE, J. (2015). "PassivBIM: Enhancing interoperability between BIM and low energy design software". *Automation in Construction*.

DR. FEIST, W., BASTIAN, Z...STEIGER, J. (2015). *Manual Passive House Package Versión 9*. Darmstadt: Passive House Institute.

EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R., Y LISTON, K. (2011), *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. Canada: John Wiley & Sons.

Europa. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings.

GLAUCO ESTUDIO. *PassivLink*. <<http://www.passivlink.com>> [Consulta: 11 de febrero de 2018]

LEWIS, S. (2014). *PHPP Illustrated*. Newcastle: Riba Publishing.

MCLEOD, R.S. (2014) An Investigation into the Performance of Low Energy and Zero Carbon Buildings in a Changing Climate. Cardiff: Cardiff University.

MORET, S. (2016). *Guía Práctica de REVIT*. Valencia: Salvador Moret Colomer.

SANTAMARÍA, L., HERNÁNDEZ, J. (2017). *Salto Al BIM*. Madrid: JHGuadalupe.

WASSOUF, M. (2014) *De la Casa Pasiva al Estándar Passivhaus*. Barcelona: Gustavo Gili.

## Protocolo de organización, creación y edición de familias

Barco-Moreno, David<sup>a</sup>; Gerodetti-Vargas, Adolfo<sup>b</sup>; Valera-Acebedo, Agustín<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Director de Consultoría de Berrilan BIM [dbarco@berrilanbim.com](mailto:dbarco@berrilanbim.com)

<sup>b</sup>Postgrado de Gestión de Proyectos BIM, Universidad Europea de Valencia, España [gerodettiadolfo@gmail.com](mailto:gerodettiadolfo@gmail.com)

<sup>c</sup>Jefe de Proyectos de Ingeniería Berrilan BIM, [avarela@berrilanbim.com](mailto:avarela@berrilanbim.com)

---

### Abstract

*The BIM object strategy in the development of a project must be based on a predefined standard that includes both creation, editing and updating. In short, a standardization protocol for BIM objects. It is necessary to understand that BIM objects are the basic nucleus for modeling or virtual construction, should contemplate:*

*-Controlled information: containing the necessary and sufficient information, updated, to define its characteristics.*

*-Intelligent and parametric behavior. That they are capable of a geometric adaptation to the circumstances and of calculation when it comes to disciplines such as engineering.*

*-Adaptation to the different LODs: through different representation options, complex or simplified and even 2D.*

*-Polyvalence: the same family must have different types adapted to different dimensions or circumstances.*

*In the article to be developed we will analyze the configuration of objects, how to create them, their data layers, and especially how to use them in projects.*

**Keywords:** *BIM objects, data layers, elements, families, LOD, modeling, protocols, standards, strategies*

---

### Resumen

*La estrategia de objetos BIM en el desarrollo de un proyecto debe basarse en un estándar predefinido que contemple tanto la creación, como la edición, actualización. En definitiva un protocolo de estandarización de objetos BIM. Hay que entender que los objetos BIM son el núcleo básico para el modelado o construcción virtual, debiendo contemplar:*

*-Información controlada: que contengan la información necesaria y suficiente, actualizada, para definir sus características.*

*-Comportamiento inteligente y paramétrico. Que sean capaces de una adaptación geométrica a las circunstancias, y de cálculo cuando se trate de disciplinas como ingeniería.*

*-Adaptación a los diferentes LODs: a través de distintas opciones de representación, complejas o simplificada e incluso 2D.*

*-Polivalencia: una misma familia debe disponer de distintos tipos adaptados a distintas dimensiones o circunstancias.*

*En el artículo a desarrollar analizaremos la configuración de los objetos, como crearlos, sus capas de datos, y especialmente como usarlo en los proyectos.*

**Palabras clave:** *capas de datos, elementos, estándares, estrategias, familias, LOD, modelado, objetos BIM, protocolos*

---

## Introducción

Actualmente en España no existen documentos oficiales ni normativas en lo que se refiere a la generación de objetos BIM, también denominados elementos o familias. Para el desarrollo del presente trabajo se han analizado páginas de descargas de contenidos, su organización, objetos BIM de fabricantes de terceros de desarrollo propio, así como determinados tipos de normativas y trabajos existentes como:

- *Natíal BIM Library* de UK.
- *CIBSE Product Data Templates*
- ITEC BEDEC – BIM. Biblioteca de objetos BIM

Así mismo se han extraído conclusiones y líneas de análisis de trabajos propios realizados en:

- Las 8 ediciones del Postgrado BIM Manager de la Universidad Europea, especialmente las clases de estrategias de modelizado.
- Desarrollo de los contenidos del Master BIM Manager de Zigurat sobre Control de Modelado, Modelos e Interoperabilidad en el tema de Control de Calidad.
- Desarrollo de proyectos de objetos BIM para empresas del sector de la construcción.
- Desarrollo de protocolos de familias para el clúster Habic “Asociación Clúster del Sector del Equipamiento, Madera y Diseño” del País Vasco dentro del marco de la subvención “Modbir 2018”.

Para disponer de un protocolo de objeto BIM debemos resolver dos aspectos, el relacionado con la organización general, y la aplicación en proyectos:

## 1. Protocolo de organización de Objetos BIM

### 1.1. ¿Quién organiza?

En función de la envergadura del proyecto, del tamaño de la empresa, deberemos disponer de roles específicos.

TAMAÑO PROYECTO / EMPRESA		NECESIDADES DE ROLES											
		Auditor BIM	Information Manager	BIM Controller	BIM Coach	BIM Coordinator	BIM Manager	Projectista BIM	Modelador	Gestor contenidos	Monitoring	Operador	Calculistas
Proyectos en m2	<1000							1					
	1.000 - 10.000					1	1	>1	>1				>1
	10.000 - 50.000	1				1	>1	>1	>1	1		1	>1
	>50.000	1	1			>1	>1	>1	>1	>1	1	>1	>1
Empresas (nº trabajadores)	1 a 10							1	2			1	
	10 a 50					1	1	>1	>1			1	>1
	50 a 100					1	>1	>1	>1	1		1	>1
	>100	1	1	1	1	>1	>1	>1	>1	>1	1	>1	>1

Fig. 1 Esquema de necesidades de roles por tamaños. Tabla de diseño propio

En las estructuras pequeñas será responsabilidad del BIM Manager, si bien en las empresas de mas de 50 personas es recomendable que existan “Gestores de contenidos” (*BIM Content Manager*). Entre otras funciones es responsable de:

- Crear, modificar, actualizar y mantener las bibliotecas de contenidos: materiales, objetos BIM y archivos complementarios.
- Generación, edición y mantenimiento de APIs y macros. Actualización de versiones.
- Parametrización y creación de elementos singulares.

- Gestionar y actualizar enlaces de bibliotecas de contenidos.
- Control de los criterios de creación de contenidos y adaptación a los proyectos.
- Coordinación con el BIM Manager de la correcta utilización de las familias en los proyectos.

Si continuáramos aumentando la escala de la empresa o proyecto debería surgir el rol de “*Information Manager*” que según las especificaciones de UK, tiene entre otras múltiples funciones iniciar, acordar y aplicar el Plan de Información del Proyecto, incluyendo la estructura de información, incluyendo los objetos BIM. En los proyectos de administraciones públicas debería ser una exigencia, así como en macroproyectos.

## 1.2. ¿Qué documentos y estándares nos ayudan a organizar?

Necesitamos disponer de manuales, las guías de estilos, plantillas y especialmente librerías de objetos BIM. En la siguiente tabla podemos ver un resumen de los principales documentos:

- Listado de control de requisitos: de cliente, de normativa y de calidad, EIR
- BEP: BIM Execution Plan
- Matriz de elementos con el LOD
- Manual BIM, Libro de estilo: criterios de control gráfico y visuales de los proyectos.
- Protocolos de objetos.
- Plantillas de Empresa, de cliente, tipo contenedor / supermercado, tipo ensamblajes
- Librerías: bases de precios, de fabricantes, de

## 1.3. ¿Cómo se estructura la información de los objetos? Matriz de elementos

En el desarrollo del BEP se debe incluir la “Matriz de elementos” que clasifica los objetos BIM indicando:

- Fases: las diferentes fases en las que se va a desarrollar el modelo.
- Categorización: listado de los elementos clasificados por categorías y/o disciplinas aplicando un sistema de clasificación indicado como IFC, Ommniclass, Uniclass, etc.
- Autor responsable: entre los diferentes agentes del proyecto debe existir un autor responsable de cada elemento o Model Element Author (MEA).
- Usos modelo: indicar los usos asociados al elemento.
- Responsables de modelos: se deben establecer las responsabilidades de cada uno de los propietarios de los modelos (*Model Ownership*) a nivel de tipo de archivos, coordinación de ubicación, procesos de transferencia, clash detection y derechos de acceso principalmente.
- Protocolo: se establecen una serie de normas para que en caso de conflicto en la coordinación de modelos se notifique al MEA para solucionar el problema.
- Detalles 2d-3d: existen diferentes elementos que no pueden modelarse hasta un nivel de desarrollo detallado debido a su complejidad. En estos casos se suele hacer referencia a los detalles 2D que complementan esta información del nivel de desarrollo.

También hay que indicar los diferentes tipos de niveles:

- Nivel de desarrollo o “Level of development” (LODev): hace referencia al incremento del modelado, de elementos específicos del objeto, de elementos físicos y es un tipo de información gráfica. Si bien algunos estándares hacen referencia también a información no gráfica, la tendencia es a diferenciar los elementos físicos, la constructibilidad de un objeto, de la información específica, aunque vamos a encontrar referencias que mezclen constantemente nivel de desarrollo físico con nivel de información, datos no gráficos. Sus valores suelen estar entre 100 y 500, pero depende la normativa de referencia aplicada así la *Level of Development Specification Guide BIM FORUM* establece al 350.
- Nivel de detalle o “Level of detail” (LODet). Indica la apariencia gráfica del elemento. El nivel de detalle gráfico puede variar a lo largo del proyecto y no depende del grado de desarrollo del mismo sino de la utilidad que esa representación gráfica tenga en la vista/plano correspondiente. El AEC

(UK) BIM Protocol define los Graded Component Creation: G0-Schematic, G1-Concept, G2-Defined, G3-Rendered.

- Nivel de información o “Level of Information” (LOi): tipo de información no gráfica definido por la normativa *NZHandbook* y por UK. También se conoce como el nivel de datos, que se aplica a cada objeto BIM del proyecto y esté enfocado a las fases de construcción y mantenimiento.
- Nivel de tolerancia o “Level of accuracy” (LOa): definido por el *NZHandbook* se refiere a la precisión en las dimensiones, ya que un objeto puede haberse definido con mucho detalle, pero con errores de dimensiones que no se ajustan a modelo concreto del fabricante, o al cálculo del ingeniero. Según avanza el proyecto los elementos pasan de ser genéricos, a tener una predimensión y posteriormente a tener la dimensión exacta diseñada por los fabricantes y suministradores. También tiene en cuenta la relación con los elementos cercanos, distancias mínimas, holguras, tolerancias.
- Nivel de coordinación o “Level of Coordination” (LOc): definida por el *NZHandbook*, no suele ser una información asociada al objeto, sino que se refiere al nivel de coordinación con otros elementos del modelo. Suele estar relacionado con objetos de modelos de diferentes disciplinas.
- Nivel de funcionalidad o “Level of functionality” (LOf): es una definición del autor redactor que no está incluida en ningún estándar analizado, pero que entendemos es importante tener en cuenta. Lo utilizamos para definir el nivel de inteligencia, cálculo, la capacidad de actualizar información, de cumplimiento de normativas, de inclusión de zonas de uso o servidumbres en los objetos BIM.

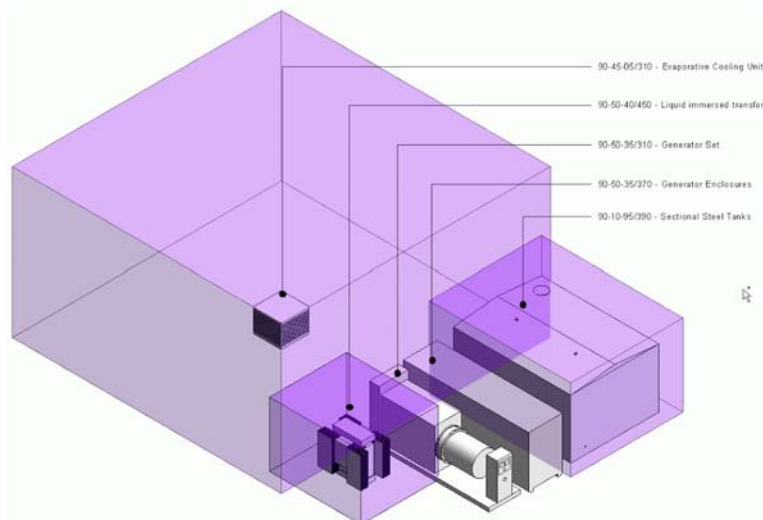


Fig. 2 Ejemplo de objeto BIM desarrollado por la NBS Library de UK, con nivel de funcionalidad

- Nivel de lógica o nivel de sentido común (Lsc): Es una licencia del autor. No existe como tal, pero lo que se pretende es transmitir la importancia de que lo realmente es prioritario en el proyecto, las obligaciones normativas y jurídicas, y que en algunos casos se complican en exceso el desarrollo de un proyecto con LODs que no ha pedido nadie, que no los paga nadie y lo peor, no los va a utilizar y ni valorar nadie. Por eso es importante ponderar todos los tipos de niveles, analizar desde un punto de vista práctico y consensuarlo con todos los agentes, especialmente los propietarios. Si esto no se tiene en cuenta se puede realizar un sobredesarrollo, hipermodelado de proyectos y/o objetos que impliquen un gasto de horas innecesario.

## 1.4. ¿Dónde y cómo guardamos los objetos BIM?

### 1.4.1. En plantillas

Son modelos que son bases de datos que contienen las familias necesarias en los proyectos. Podemos encontrar diferentes tipos de plantillas:

- De Empresa: realizada por nuestro equipo y cumple con los estándares internos, dispone de los objetos BIM básicos para la realización del proyecto. Se pueden diferenciar por disciplinas (Instalaciones Eléctricas, Mecánicas, Tuberías, de Estructuras, de arquitectura, ) y/o por tipologías.
- De cliente: es muy habitual repetir trabajos con un mismo cliente, por lo que hay un grupo de datos y objetos que son específicos de este cliente.
- Contenedor (container): también denominados catálogos, o más coloquialmente tipo “supermercado”. Es una plantilla enfocada a clasificar y ordenar objetos BIM de una o varias categorías en zonas fácilmente localizables.
- Ensamblajes (assambles): según su definición del “AEC UK BIM Protocol” es una colección de componentes y/o elementos modelados dispuestos para definir parte o la totalidad de un modelo de edificio. Pueden estar agrupados en grupos o submodelos. Estos conjuntos pueden ser referenciados y posicionados en el proyecto.

El único inconveniente que tienen las plantillas es su mantenimiento, y si no hay un rol específico para esto hay que simplificar o tener una plantilla a nivel de contenidos, y para proyectos se parte del último proyecto.

### 1.4.2. En carpetas o librerías

Los objetos BIM se organizan con un determinado orden y estructuración, en carpetas:

- De desarrolladores: son las aportadas por los fabricantes de software, que se suelen colocar al instalar los programas. Suelen estar clasificadas por años correspondientes a la versión del software: Revit 2017, Revit 2018... Y luego por categorías.
- De empresa / oficina: es la biblioteca organiza interna de la empresa. Esta depurada, y es la que suele estar en uso en los proyectos.
- De bases de precios: son bases de datos de objetos BIM recopilados y/o diseñados por entidades dedicadas a crear bases de precios de la construcción, como por ejemplo ITEC, Precio Centro Guadalajara Soluciones BIM
- De fabricantes: son bibliotecas aportadas por los propios fabricantes de los productos, pueden estar disponibles en su propia web o en páginas de descargas especializadas como Andekan, Arcat, Archgrafix, Autodesk seek, BIM Components, BIM&CO, Bimética, BIMMate, BIMobject, bimstore.co.uk, Bimtool, Leviton, NBS National BIM Library, Revit City, Revit Content, Smart BIM Library, Synchronia, The Revit Collection.

## 1.5. ¿Cómo denominamos a los objetos?

Tenemos que establecer una serie de criterios generales, de nomenclatura o *naming* a tener en cuenta:

- Utilizar nuestra nomenclatura en mayúsculas para reconocer los elementos que han sido generados por nuestro equipo.
- Identificar los elementos y que facilite su ordenación tanto en archivo como en el navegador de proyecto, nombres de lo general a lo particular, evitar nombres largos.
- Los tipos deben tener un criterio claro y rígido de nombrado, que incluyan características individuales de tipo como dimensión y unidades.
- Los parámetros de las familias deberán tener sus correspondientes reglas de nomenclatura.

En la siguiente tabla podemos agruparlos:

NOMENCLATURA, CRITERIOS		
CRITERIO	RECOMENDACIÓN	EJEMPLOS
SINTAXIS	Decidir si se utilizan signos como las tildes, diéresis o similares	Puerta abatible de 1 hoja de 82 cm
	Utilizar un único idioma, evitar mezclas	Evitar mezclas tipo "DOOR-PA1H-abatible-82cm"
	Utilizar guión bajo "_" frente al medio "-", ya que facilita la lectura	"Puerta-abatible-82cm", que "Puerta_abatible_82 cm"
	Si se utilizan mayúsculas y/o minúsculas, o combinaciones	"PUERTA ABATIBLE 1H 82 CM", "PUERTA Abatible 1H 82 cm"
GENERALES	Evitar criterios subjetivos	"Puerta abatible muy bonita de 82 cm aprox. con tono verdoso"
	Evitar acortar excesivamente	"P. abat. 1H" o "PA1H"
	Evitar descripción completa de elementos, ya que existen campos para esto	"Puerta abatible desde 0 a 90 grados con 1 hoja de madera de 82 cm...."
UNIDADES	Definir si se incluyen valores con unidades	Es importante en sistemas como suelos, muros, cubiertas y en huecos
	Formato de las unidades, mayúsculas o minúsculas, con o sin punto	CM, cm, cm.
	Con o sin decimales	82 cm, 82,00 cm, 820 mm, 0,82 m
	Especificar unidades por disciplinas o unificar	m para arquitectura, mm para instalaciones, cm para estructura
PARÁMETROS	Unificar criterios de dimensiones: longitud, ancho, profundidad, espesor, etc.	Evitar multiples parametros iguales: logitud, log, long., L, leght, largo
	Crear grupos lógicos: de cálculos, de normativas	
	Crear grupos lógicos relacionados con gestiones: licencias, actividades	
VISTAS	Incluir en el nombre un prefijo del estado (WIP, PRINT, etc)	WIP_Planta baca superficies, PRINT_AQ-01-planta baja
	Los códigos numéricos ayudan a ordenar	00_KEY, 01_WIP, 02_PRINT, 03_COORD, etc
GRUPOS	Nombre lógico de la agrupación	MOB_Conjunto mesas y 4 sillas, VIV_TIPO, BAÑO_TIPO, etc
	Evitar códigos numéricos	
MATERIALES	Tener una biblioteca de materiales de la empresa en formato *adsklib.	
	Evitar códigos numéricos, o de empresa	
	Utilizar convencionalismos	Hormigon Armado es HA
	Utilizar normativas de referencia: NTE	Dispone de listados de elementos constructivos
SUBCATEGORIAS	Listar subcategorias para aplicar siempre el mismo nombre.	En mobiliario es necesario tener subcategorias de mesas, sillas, etc.
OBJETOS BIM	VER APARTADO ESPCÍFICO	

Fig. 3 Listado de criterios de nomenclaturas y naming. Tabla de diseño propio

## 1.6. ¿Cuál sería una estrategia adecuada?

Para concretar una estrategia nos vamos a basar en las objetos BIM de Autodesk Revit denominados familias. Pueden tener origen en el desarrollo propio o ajeno, de páginas de descargas o de otros proyectos. Alguno de los criterios a tener en cuenta en la incorporación de las familias a nuestros proyectos son:

- Priorizar familias de desarrollo propio.
- Familias desde fuentes fiables.
- Comprobar la integridad de las familias
- En el proyecto generar tablas de planificación de control de categorías de familias.
- Los criterios de tamaño y definición de este tipo de familias han evolucionado con el tiempo, pasando de una definición geométrica exhaustiva a familias más ligeras, pero dimensionalmente correctas. Actualmente se recomienda que las familias no excedan de 2MB siendo un criterio aceptable el entorno de los 500kb.
- Las familias con múltiples tipos garantizar la generación correcta de catálogos
- Establecer criterios de calidad y revisión (ver apartado de generación de familias)

## 2. Protocolo de aplicación en proyectos. Creación y edición de familias

Con todos los criterios de organización y estrategias definidas, vamos a establecer el protocolo de aplicación que depende de las disciplinas arquitectura, estructuras o instalaciones, existiendo una serie de tareas que se repiten de forma sistemática:

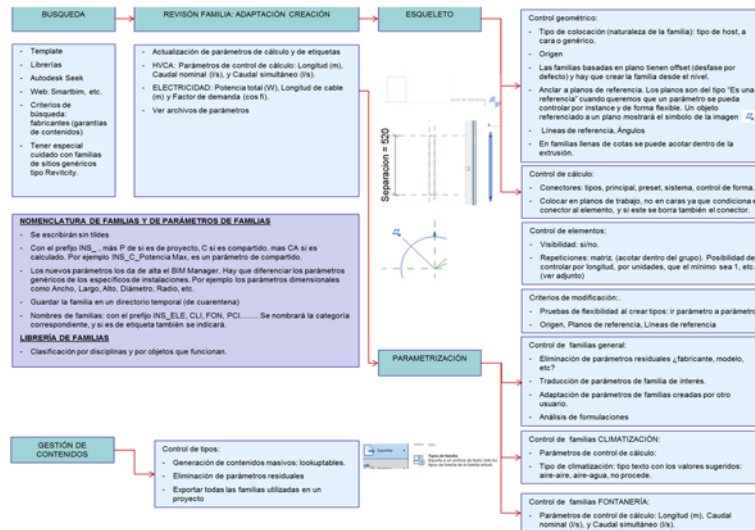


Fig. 4 Ejemplo de Protocolo de creación/edición de familias en Instalaciones. Esquema de diseño propio

## 2.1. Identificar / buscar familias

Consiste en identificar las familias necesarias para el proyecto, a través de listados de apoyo basados en un proceso de investigación, para obtener toda la información de planos, fichas, guías de instalación, archivos CAD de los objetos, debiendo incluir toda la información disponible de productos, modelos, características y opciones. En principio las familias deberían estar disponibles en la biblioteca de la empresa y/o en las plantillas de proyecto, pero en el caso de no ser así se procede al proceso de búsqueda en algunas de las webs citadas.

## 2.2. Generar familias

Esta acción debe ser realizada por especialistas, ya que la formulación, la sistemática y la eficiencia en el desarrollo de familias requiere un alto grado de experiencia, y se tendrá en cuenta:

- Tener en cuenta qué usos van a tener, quién las usará, en que tipos de proyectos, que funcionalidades necesita y cuáles no.
- Establecer límites de tiempo en función del tipo de objeto. Minutos para etiquetas, horas para elementos básicos, días elementos complejos (ascensores, sistemas múltiples, etc.)
- Elegir la familia más difícil, que tenga más opciones, que sea representativa de la línea de productos.
- Crear planos de referencia, nombrarlos y con prioridades.
- Controlar el hipermodelado.
- Añadir los parámetros precisos y elegir unidades apropiadas.
- Tener cuidado con los parámetros con nombres fuera de nuestros estándares.
- Acotar y etiquetar con lógica: comprobar que los planos/líneas de referencia se comportan como deseamos.
- Alinear y bloquear con criterios sin sobre restringir la geometría, probando que los tipos funcionan después de modificar o cambiar parámetros.
- Definir líneas simbólicas y líneas de modelo, regiones de máscara, control de visibilidad y niveles de detalle.
- Evitar información excesiva, geometrías complejas que no aportan valor, simplificar las vistas y utilizar líneas 2D, seguir la lógica constructiva y evitar exceso de tipos, que estén chequeados con el fabricante.

- Usar símbolos para simplificar las familias.
- Antes de cargar en el proyecto probarlo en un proyecto que no sea de producción.

### 2.3. Capas de información y control de familias

Uno de los aspectos más importantes de las familias es su construcción y composición, las capas de información o grados de elementos de modelo.

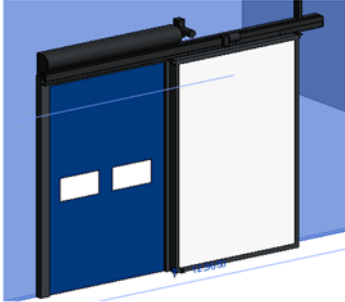
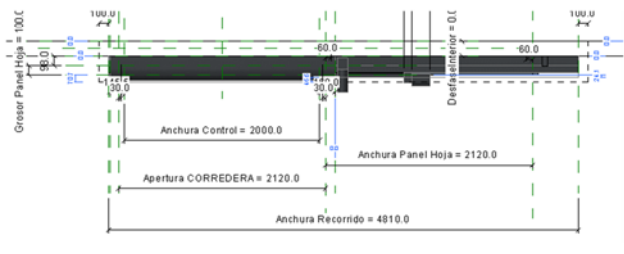
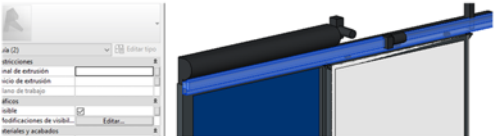
NIVEL DE DESARROLLO DE OBJETOS BIM (CAPAS DE INFORMACION)			
LEVEL 1	LEVEL 2	DESCRIPCION	OBJETO
POSICION	GENERICO	Nos referimos como anfitrión, a la ubicación de la familia dentro de un proyecto, por ejemplo una puerta basada en muro	
	CARA		
	MURO		
	SUELO		
	TECHO		
	BASADA EN LINEA		
	ADAPTATIVA		
ESQUELETO	REJILLA	Conjunto de elementos de referencia (planos, líneas, niveles) que controlan las dimensiones y el comportamiento de los elementos de modelo que se crean basándose en ellos.	
	PLANO DE REFERENCIA		
	LINEA DE REFERENCIA		
	PUNTOS		
COMPONENTES	CATEGORIA	Se podrán clasificar por categoría en función del uso de una familia, y las subcategorías permiten modificar características visuales a los distintos elementos de una familia. Estos componentes los podemos crear a partir de extrucciones, barridos	
	SUBCATEGORIA		

Fig. 5 Tabla de control de capas de información de una familia. Esquema de diseño propio

#### 2.3.1. Posición

Las familias de componentes se pueden generar desde cero a través de las plantillas predefinidas o mediante la modificación de una familia existente, y dependen del tipo de anfitrión:

- Basada en muro: p.e. puertas, ventanas, etc...
- Basada en techo: p.e. luminarias, rejillas, etc....
- Basadas en suelo: p.e. mobiliario, cajas de registro, etc....
- Basadas en cubierta: p.e., tragaluces o escotillas.
- Modelo genérico: también entendidas como “sin anfitrión”. Permite la ubicación de la familia prácticamente en cualquier sitio.
- Basado en línea: normalmente responde a elementos con reglas de repetición en una dirección como parasoles, vallados especiales, aparatos sanitarios en edificios públicos. También se utiliza para las líneas de evacuación de edificios, permitiendo calcular las distancias.
- Basadas en cara: Permite colocarse sobre cualquier cara. Son familias muy flexibles ya que no dependen de la categoría del anfitrión e incluso pueden adosarse a links. Normalmente las familias MEP se crean así.
- Adaptativas: son familias con un diseño especial, que se adaptan a una geometría mediante unas reglas predefinidas por el creador de la familia. Están indicadas en geometrías complejas para paneles de muros cortina, o cimentaciones que se adaptan a un terreno, etc.

### 2.3.2. *Esqueleto*

Es el conjunto de elementos de referencia (planos, líneas, niveles y nodos) que controlan las restricciones de los elementos (dimensiones, ángulos) que se van generando en la familia. Modificando el esqueleto la familia se adapta. Pueden tener nombres y se les puede asignar un color a los planos de referencia fijos y otro color a aquellos planos secundarios.

### 2.3.3. *Componentes y subcomponentes*

Son los elementos constructivos, tangibles, elementos físicos, objetos sólidos que componen el diseño de las familias. Se pueden complementar con elementos de vacío. Requiere de una planificación detallada en muchos de los casos, como por ejemplo un muro cortina, una barandilla.

Los elementos de modelo pueden subdividirse o descomponerse en subelementos o subcomponentes que dan lugar a subcategorías, familias anidadas, compartidas. Por ejemplo si tenemos una silla sencilla con estructura metálica y plástico, se puede descomponer en dos elementos principales: la estructura y la carcasa. Para crear la familia de silla primero creamos la familia de estructura y luego la de asiento o carcasa. Ambas familias se cargan, se anidan en una nueva familia que tiene dos subcomponentes, las familias anidadas de estructura y carcasa. Mediante un parámetro de tipo nos permitirá en un futuro poder agregar y seleccionar diferentes estructuras de patas o carcasas anidadas.

### 2.3.4. *Información*

En esta capa debemos controlar conjuntos de parámetros:

- Datos lógicos: que definen y caracterizan a una familia a nivel de geometría principalmente, como ancho, largo, espesor, el material.
- Datos de identidad: relacionados con los datos específicos del producto (modelo, clase, código, coste, etc.) y que dependen del LOD establecido. Si es una familia genérica estos datos están en blanco.
- Datos de usos: relacionados con los Usos BIM.

### 2.3.5. *Inteligencia*

Es la capacidad que tienen las familias para generar cierto tipo de comportamiento, como variar sus propiedades físicas, geométricas, visuales al ser insertado en un proyecto o al modificar determinado tipo de variables. Se puede crear esta inteligencia basada en la inserción de fórmulas, condiciones, límites, restricciones, etc. Por ejemplo, un cuadro eléctrico se puede condicionar para que en función de sus dimensiones se represente en planta con un símbolo, o se muestre su dimensión real. Para ello es necesario haber creado el símbolo de cuadro eléctrico con un tamaño fijo independiente a su geometría, y posteriormente condicionar la visibilidad de los elementos tanto el modelo como el símbolo.

### 2.3.6. *Cálculo*

Es la capacidad de las familias de realizar cálculos relacionados con las estructuras, instalaciones, análisis energéticos y/o simulaciones. Son parámetros específicos de las disciplinas mencionadas que se añaden a las familias y facilitan que, en el proyecto, mediante tablas de cálculo y/o exportación a Excel, se puedan realizar cálculos y comprobaciones. Normalmente los cálculos se realizan a través de fórmulas calculadas. A nivel de familias MEP significa que los elementos tienen conectores de sistemas de instalaciones, y que la familia está calibrada para el cálculo. Por ejemplo, un aparato sanitario puede estar muy bien definido, pero si no tiene conectores no sirve para conectarse con la red de saneamiento y facilitar el cálculo de bajantes.

### 2.3.7. Simbologías

Dotar a la familia de los datos necesarios a nivel de elementos de anotación que permiten reflejar información introducida dentro de la familia. Básicamente hay tres tipos: textos, etiquetas y símbolos. En determinados tipos de familias nos interesa que al cargar en el proyecto siempre aparezca un dato, por ejemplo, una plaza de aparcamiento con su número, un interruptor con el código es información que aparece sin necesidad de insertar etiquetas en el proyecto.

### 2.3.8. Visibilidad

- Nivel de detalle. Posibilidad que tienen las familias de ser representadas de forma simplificada en función de la escala. Se trata de que existan diferentes tipos de vistas en planta, alzado, sección y/o 3D en el que se crean elementos gráficos de representación (líneas, sombreados, símbolos) para visualizar la familia a nivel de detalle bajo, medio y alto. De esta manera podemos descargar las familias de peso al cargarlas en el proyecto.
- Visibilidad. En algunos tipos de familia un componente puede tener variaciones de elementos que aparecen.
- Plantillas. Se pueden generar plantillas de familias para facilitar la creación de nuevos tipos garantizando un tipo de grafismo y representación determinado.

## 2.4. Validar familia

En el momento de validar y o revisar un objeto es necesario chequear:

- Que contienen los parámetros mínimos necesarios para el correcto desarrollo del proyecto.
- Que están en el idioma correspondiente.
- Con la nomenclatura adecuada.
- Que los niveles de anidamiento funcionan.
- Que la visibilidad y representación es adecuada.
- Que el peso máximo del archivo no se supera.
- Si son correctas se pueden insertar en el proyecto y se deben archivar en la plantilla y/o librería.

Algunas de los plugins o métodos que podemos utilizar para auditar estas familias son:

- *Autodesk Revit Model Review*: permite parametrizar casi todas las variables antes citadas.
- *APP BIM Manager Suite*: dispone de múltiples funciones, entre las que se encuentra un módulo "Family Tools" que se encuentra disponible de manera gratuita.
- *APP Smart Browser Manage*: de AgaCad además de generar familias facilita su gestión y auditoría.

## 2.5. Insertar en proyecto

Las familias validadas se pueden insertar en un proyecto de varias maneras:

- De una en una, al crearlas y validarlas.
- Si son familias del sistema (muros, suelos, techos, tuberías) mediante transferencia de normas del proyecto, o mediante la APP *JOTools Transfer Single*.
- Si son familias de componentes mediante *JOTools Transfer Single*, *Smart Browser Manager* o *BIM Manager Suite*. Desde páginas de contenidos directamente como *BIM Object* o *BIM&Co* o desde plugins especializados como *SysqQue* o *MagiCAD*

## 2.6. Editar / modificar

Debe realizarse aplicando el protocolo de generación y validación, y es importante a la hora de recargar en los proyectos tener claro si se necesita o no sobrescribir todos los parámetros, este es un proceso irreversible de tal manera que si sobrescriben los parámetros hay que revisarlos. Si los cambios en las

familias son importantes se recomiendan hacer siempre pruebas fuera del entorno del proyecto, con uno en blanco o con el proyecto guardado como "Test", de hecho, es recomendable tener en la estructura de carpetas del proyecto una carpeta destinada a este tipo de pruebas.

## 2.7. Gestionar / mantener

Al finalizar los proyectos las familias se deben archivar correctamente. Cada versión debe archivar en su carpeta de año correspondiente, y crear una nueva con las familias duplicadas y actualizadas a la siguiente versión. Existen plugins para facilitar la gestión de las familias:

- Los más conocidos son *Smart Browser Manage*, *BIM Manager Suite* y *RFTools* a nivel de parámetros.
- *Family Utility* permite actualizar familias, proyectos y plantillas de forma masiva.

## 2.8. Gestionar en el proyecto

Para garantizar un control básico de los objetos dentro del programa de modelado, se debe disponer:

- De vistas de control: de chequeo rápido, con filtros activados, con transparencias, en 3D y por cada planta. Para facilitar la búsqueda y análisis de objetos.
- Tablas de control: son necesarias para revisar el correcto modelado de los elementos mediante la supervisión con tablas de datos, filtros y colores, que nos permiten visualizar con cierta rapidez determinados tipo de datos, como si un elemento se ha revisado, se ha validado, contienen los datos mínimos requeridos, etc.
- Control de avisos: establecer la periodicidad del control de los avisos o warnings detectados automáticamente por el programa. Establecer niveles de prioridad en la corrección de los mismos.
- Selecciones de elementos: establecer los criterios de creación de selecciones o sistemas de agrupación masiva, mediante filtrado rápido, aislando categorías, para facilitar la selección rápida de los elementos del modelado que necesitan de un nivel más elevado de supervisión. Estas selecciones guardadas se pueden cargar y editar en cualquier momento.

## 2.9. Optimización de objetos

Los programas BIM que hemos enunciado no se adaptan a todas las necesidades y singularidades de cada empresa y/o proyecto. De esta situación y de la posibilidad que ofrecen muchos desarrolladores de programar sobre sus aplicaciones nacen los plugins, addings, complementos o extensiones. Esto conlleva una nueva situación en las empresas, que es la diferencia entre las empresas que programan o tienen capacidad de que le programes y las que no, convirtiéndose en un verdadero valor diferencial. Empresas con desarrollos exponenciales y empresas tradicionales. Muchos programadores han aprovechado esta oportunidad para desarrollar soluciones para el mercado, y publicándolas en las tiendas de descarga como la Autodesk App Store.

### 2.9.1. Programación gráfica

Para los no iniciados en programación, existen alternativas, que permiten realizar tareas similares a las que haría un programador, pero desde un entorno más sencillo e intuitivo, mediante nodos que se van conectando creando secuencias lógicas. Utiliza las mismas operaciones y funciones que la programación, pero de manera visual, es asistido y fácil de aprender. Algunos de los programas de programación visual son:

- Dynamo: entorno de programación visual que amplía las capacidades paramétricas de Revit, utilizando como base las funcionalidades de la API de Revit.
- Dynamo Studio: versión más completa y disponible para otros softwares, pero es de pago mediante suscripción desde 40\$/mes aproximadamente.

- Grasshopper 3D: primer software de generación paramétrica gráfica integrada con el software de modelado Rhinoceros 3D. Enfocado en arquitectos y diseñadores para generar formas paramétricas complejas.

### 2.9.2. Plataformas de integración de datos

El siguiente nivel de optimización de objetos es la capacidad de integrar, intercambiar datos y visualizar:

- Flux.IO: plataforma web que conecta y organiza información entre diferentes plataformas de software permitiendo utilizar sus programas preferidos y colaborar sin problemas.
- Cloud ESI platform: plataforma SaaS escalable, multiusuario diseñado para ofrecer la simulación de ingeniería avanzada en la nube, orientada a la flexibilidad para introducir geometría, propiedades de objetos, código abierto, mallado, simuladores de física CFD.
- Aptana Studio: plataforma web para construir aplicaciones web de forma rápida y sencilla utilizando el IDE de la aplicación web líder del sector.
- Microsoft Power BI: un conjunto de herramientas de análisis empresarial que pone el conocimiento al alcance de todos los usuarios, mediante la conexión a múltiples bases de datos.

## 3. Referencias

AEC (UK) BIM Protocol. Implementing UK BIM Standards for the Architectural, Engineering and Construction industry. (2012) p. 7,8

APTANA STUDIO: <http://www.aptana.com> [Consulta: 1 de diciembre de 2017]

AUTODESK. APP STORE. Bim manager suite, Family Utility, RFTOOLS, JOTools, Smart Browser Manage <<http://apps.exchange.autodesk.com>> [Consulta: 11 de junio de 2018]

AUTODESK. DYNAMO. <<http://dynamobim.org>> [Consulta: 1 de diciembre de 2017]

AUTODESK. DYNAMO STUDIO. <<https://www.autodesk.com/products/dynamo-studio/overview>> [Consulta: 1 de diciembre de 2017]

BARCO MORENO, D. (2018) "Desarrollo de un proyecto bim". *Diario de un BIM Manager: Desarrollo de proyectos BIM (basados principalmente en Autodesk Revit)*. Lima: Revista Costos.

BIM FORUM. LEVEL OF DEVELOPMENT SPECIFICATION (2017) LOD Spec 2017 Guide For Building Information Models.

CIBSE Product Data Templates <<https://www.cibse.org/knowledge/bim-building-information-modelling/product-data-templates>> [Consulta: 1 de septiembre de 2017]

ESI GROUP. <<https://cloud.esi-group.com>> [Consulta: 1 de diciembre de 2017]

GRASSHOPPER. <<http://www.grasshopper3d.com>> [Consulta: 1 de diciembre de 2017]

ITEC BEDEC – BIM. Biblioteca de objetos BIM <<http://metabase.itec.cat/bim/es/filter>> [Consulta: 1 de junio de 2017]

MAGICAD. <<https://www.magicad.com/en/software>> [Consulta: 1 de junio de 2017]

MICROSOFT. <<https://powerbi.microsoft.com/es-es/>> [Consulta: 1 de diciembre de 2017]

NATIAL BIM LIBRARY. <<https://www.nationalbimlibrary.com>> [Consulta: 1 de diciembre de 2017]

NEW ZEALAND BIM HANDBOOK. <<https://www.biminnz.co.nz/bim-tools>> [Consulta: 1 de junio de 2017]

SYSQQUE. <<http://mep.trimble.co.uk/sysque>> [Consulta: 1 de junio de 2017]

## El impacto del factor humano en los proyectos realizados en BIM

Coloma-Picó, Eloi<sup>a</sup>; Armengol-Aragonès, Montserrat<sup>b</sup>; Ayats-Perez, Cristina<sup>c</sup>; Miquel-Becker, Susanna<sup>d</sup>; Molas-Beykirch, Isabel<sup>e</sup>; Puig-Soler, Pio<sup>f</sup>

<sup>a</sup>Universidad Politécnica de Catalunya. Spain. eloi.coloma@upc.edu, <sup>b</sup>Coloma+Armengol.Spain. montsearmengol@colomaarmengol.com, <sup>c</sup>crisrinaayats.com. Spain. cayatsp@gmail.com, <sup>d</sup>Talent-Up. Spain. susanna@talentup.cat, <sup>e</sup>Molas y Beykirch. Spain. imolas@mibcomunicacio.com y <sup>f</sup>Talent-Up. Spain. pio@talentup.cat

---

### Abstract

*Every time there are more technological tools to make possible the collaborative work that the BIM projects require, but, is really the technology the key of the operation of the project? At this point, many will say no, BIM is a methodology, not a technology. So, why sometimes, even with suitable collaborative tools and a correct methodology, teamwork does not work?*

*In our opinion, collaboration fails when the human factor is neglected. Things happen because people want them to happen. The key to getting a team to work is to reach the emotional involvement of the people.*

*In this communication we address the involvement of people in BIM projects from different perspectives: the composition of compensated teamworks based on the personal motivation and individual talent of each member, the Lean methodology and the implementation of the BIM as a process of change. These different perspectives are illustrated in real cases experienced by the speakers.*

**Keywords:** team building, human factor, collaboration, personal skills, group skills

---

### Resumen

*Cada vez existen más herramientas tecnológicas para hacer posible el trabajo colaborativo que los proyectos BIM requieren, pero, ¿La clave del funcionamiento del proyecto es realmente la tecnología? A esta altura, muchos responderán que no, que el BIM es una metodología, no una tecnología. Entonces, ¿Por qué en ocasiones, aún disponiendo de herramientas colaborativas adecuadas y de una correcta metodología, el trabajo en equipo no funciona?*

*En nuestra opinión, la colaboración falla cuando se descuida el factor humano. Las cosas pasan porque las personas quieren que pasen. La clave para conseguir que un equipo funcione es conseguir la implicación emocional de las personas.*

*En esta comunicación abordamos la implicación de las personas en los proyectos BIM desde diferentes perspectivas: la composición de equipos compensados a partir de la motivación personal y el aprovechamiento del talento de cada miembro, la metodología Lean y la implantación del BIM como proceso de cambio. Estas diferentes perspectivas se ilustran mediante casos reales experimentados por los ponentes.*

**Palabras clave:** team building, factor humano, colaboración, habilidades personales, habilidades grupales

---

## Introducción

El proceso de implantación del BIM ya hace más de una década que empezó, pero no ha sido hasta la popularización del conocido como *Nivel 2 de Implementación* (Mc Partland, 2017) que han aparecido nuevos retos derivados de la necesidad de colaboración multi-disciplinar que este comporta. Si bien hasta entonces el principal aspecto disruptivo era el tecnológico, ahora nos encontramos con que los procesos de coordinación, los estándares compartidos, los entornos comunes de datos o la planificación con visión de ciclo de vida son los protagonistas.

Tradicionalmente, el reto de la colaboración se ha cubierto a través de definir protocolos, estándares y normativas, los cuales se condensan en la redacción de determinados documentos que hoy en día son de uso común como son los *Employer Information Requirements* o el *BIM execution Plan* con la idea de que el acuerdo o el vínculo contractual respecto a estos documentos garantiza el correcto desarrollo del proyecto. Pero con el tiempo hemos visto que, aunque el desarrollo de este tipo de documentación y la observancia de ciertas reglas comunes resulta imprescindible para la colaboración, no garantizan el éxito de esta colaboración.

Por esta razón, en el último lustro la industria ha empezado a identificar esta problemática y a empezar a buscar vías de solución más allá del ámbito estrictamente técnico. Prueba de ello es la creciente popularidad del *Lean* (Ayats, 2015) (Ayats, 2014) y, más recientemente, del *Scrum* (Mc Partland, 2015), ambas metodologías de planificación colaborativa donde, además, se reconoce el factor humano como una realidad ineludible y que tiene un gran impacto en el desarrollo de cualquier actividad.

No obstante, si revisamos lo publicado alrededor del BIM, encontraremos muchas referencias que reconocen la importancia de esta cuestión (The Engineering, 2017), pero muy pocas lo desarrollan realmente (Manziona, 2011)(Adamu, 2015)(Butcher, 2015)(Liu, 2016). En cambio en otros campos, como el de la emprendeduría (Ries, 2011), el project management (Jun, 2015) o la administración de empresas (Rovira, 2004), esta cuestión es ya un tema ampliamente tratado, conscientes de que el éxito siempre se ha logrado mediante la cooperación y la participación de un grupo de personas.

Aunque obvio, no es hasta la década de 1950 en que debido a la creciente complejidad organizativa surge una nueva área de gestión que evoluciona a lo largo del s.XX, consolidando un modelo en el que cada vez hay más consciencia de la importancia del factor humano en todo tipo de proceso.

Esta evolución eclosiona a principios del s.XXI con un cambio de paradigma en el que las organizaciones ya no administran recursos humanos, ni administran a las personas, ya que las equipara a agentes pasivos. Nace un nuevo modelo, en el que las organizaciones administran con las personas, como fuente de innovación, implicación y un sentido de pertenencia que permite alcanzar no sólo éxitos organizativos, sino también un alto nivel de realización personal.

Las personas pasan a ser tratadas como agentes activos y proactivos, dotadas de inteligencia, creatividad, iniciativa y poder de decisión. Se valoran sus habilidades y competencias personales e individuales, como parte esencial para lograr el éxito en proyectos de toda índole.

En este nuevo marco, que ha llevado a estudiosos del *management* a proponer un nuevo concepto organizativo como Frederic Laloux en *Reinventing organizations* (Laloux, 2015), el reto reside en gestionar el talento de las personas mediante equipos auto-organizados, con una gestión de proyectos simplificada y una distribución del trabajo basada en las habilidades, las capacidades y el talento individual.

Un entorno en el que los puntos clave son la comunicación constante y fluida entre todos los integrantes del equipo, la distribución de responsabilidades de tal modo que las aportaciones individuales tengan entidad y contribuyan a la consecución del objetivo y la potenciación de los aspectos relacionales y sociales como fuente de innovación.

Partiendo de que el Factor Humano puede abordarse desde diferentes puntos de vista, en esta comunicación lo trataremos desde tres perspectivas diferentes, ubicando cada una de ellas en un ámbito determinado para poder ilustrarlo con un caso real.

- La formación del equipo mediante la potenciación del talento.
- La ejecución de la obra mediante Lean Construction.
- La implantación del BIM y el desarrollo de competencias sociales.

## 1. La formación del equipo mediante la potenciación del talento

Todos sabemos la complejidad de llevar a cabo un proyecto. Diferentes agentes, intereses, plazos... un complejo entramado de variables que se tienen que alinear para lograr un mismo objetivo. La metodología BIM se basa ante todo en un modelo colaborativo. Pero ¿son suficientes las herramientas informáticas y los entornos colaborativos, para hacer del trabajo una colaboración real? Nuestra experiencia nos dice que no, puesto que aparecen otros factores estrictamente humanos, como la confianza, la resistencia al cambio, etc que hacen posible o por contrario limitan esa idea de colaboración.

¿Pero cómo se genera confianza? ¿Cómo creamos una colaboración real y no teórica?

Hasta ahora, para asumir un rol, las credenciales se basan en el currículum y las competencias técnicas de la persona. Se da por hecho que la profesionalidad y experiencia en el campo son suficientes para asumir un liderazgo o impulsar el cambio en la organización. Hace falta algo más, hace falta que podamos prever la dinámica de trabajo de esa persona y por tanto su repercusión dentro del equipo. Como veremos más adelante cuando hablemos del Lean, no es suficiente que a cada cual se le asigne un rol sino el saber de qué forma actuará ejerciendo ese rol y cuál será la interacción con el resto de integrantes del equipo.

La formación del equipo BIM debe tener en cuenta, por tanto un factor adicional, que a menudo no es tenido en cuenta pero que resulta vital para el éxito de la empresa: los patrones de comportamiento naturales de las personas. Estos patrones de comportamiento los llamaremos a partir de ahora "**Talentos**".

Todos tenemos Talentos. Todos tenemos una forma propia e innata de hacer, de liderar, de pensar. Si lo conocemos de antemano y tomamos conciencia positiva, podemos aprovecharlo a favor del proyecto, en vez de que pueda resultar una traba o un impedimento.

Uno de los beneficios de trabajar y asignar roles basándonos en Talentos es que si tenemos la oportunidad de hacer aquello que se nos da bien y además dentro de la estructura se ha organizado para considerarse un valor añadido, no solo somos felices haciendo lo que hacemos sino que tendemos de forma natural hacia la excelencia. Este cambio de mentalidad lleva consigo la aparición de una motivación intrínseca. Y la motivación es clave para el éxito.

Cuando se plantea introducir metodología BIM en una empresa, el cambio es profundo. La nueva estructura y la asignación de roles debería hacerse teniendo en cuenta no únicamente el rango y/o la capacidad técnica de las personas sino añadiendo aquello que aportan desde la perspectiva de sus Talentos. La resistencia al cambio comentada en el segundo estudio de caso de esta comunicación, se puede gestionar de antemano cuando somos capaces de ver la causa que provoca esta resistencia y que otros valores aporta esa persona útiles para el proyecto.

Así pues la creación del equipo y la asignación de roles la hacemos introduciendo una nueva variable, la de los Talentos naturales de cada persona. A raíz de esto obtenemos una matriz que nos indica las fortalezas del equipo y en consecuencia sus debilidades y posibles puntos de falla. Esta matriz, además se divide en 4 ámbitos, de Ejecución, de Liderazgo, de Relación y de Pensamiento Estratégico (Clifton 2005), que nos da una información muy valiosa de aquello que aporta cada miembro y como actuará en las diferentes situaciones.

Disponer de esta información previo al arranque del proyecto, nos ayuda a la creación desde el inicio de dinámicas positivas (antes de que puedan llegar a enquistarse dinámicas negativas) suponiendo una

reducción importante de desgaste emocional y de estrés en las personas, además de poder suponer un ahorro de tiempo y/o dinero.

A continuación expondremos un estudio de caso en la que se describe cómo se formó el equipo BIM inicial de una firma que empezó a implementar BIM a partir de un primer encargo.

### 1.1. Estudio de caso: Formación del equipo BIM inicial para un proyecto de edificación

Ante un encargo relativamente pequeño la *Compañía* decide iniciar el cambio a metodología BIM siendo consciente que eso implica también un cambio en la estructura interna de la empresa.

Como primera fase lo que se hizo fue pensar cuales son los roles mínimos que queremos introducir y el alcance que va a tener en la organización. Se acotó a 4 roles BIM que debían conformar un núcleo impulsor dentro de la empresa. Para ello se quería crear un equipo compensado desde el inicio para favorecer el cambio e introducir dinámicas positivas.

Antes de fijar los roles BIM por formación y cargo dentro de la empresa se decidió implementar previamente una cultura basada en Talentos para poder ver de forma clara que aporta cada persona dentro de un equipo.

El hecho de pasar cada cual por el proceso hizo tomar consciencia no solo de lo que aporta cada uno sino también de la dinámica natural de trabajo de cada miembro y por tanto aquello que debemos esperar de él.

Para el equipo, ver a cada cual desde la perspectiva de sus talentos abrió una nueva comprensión ayudando a establecer el rol idóneo sin celos ni falsas interpretaciones.

Así pues la figura destinada a BIM Manager fue aquella con mayores talentos en el área de *Liderazgo* aprovechando su gran energía y entusiasmo natural por iniciar nuevas empresas y con grandes dotes para organizar situaciones cuanto más complejas mejor.

La figura destinada a BIM Coordinator fue para la persona con grandes talentos en el área de *Relación* puesto que para coordinar los trabajos entre personas su empatía y cercanía natural resultaban un claro valor añadido combinado con una responsabilidad innata para encargarse de las revisiones de calidad.

El BIM Modeler, encargado de la creación y visualización del modelo se asignó a la persona con mayores talentos en el área de *Ejecución*. Su talento innato por lograr objetivos, y conseguir el común acuerdo se consideraron valores añadidos sumamente útiles para ajustar la demanda del cliente en un modelo tangible.

Por último el BIM Analyst fue para alguien destacado en *Pensamiento Estratégico*. Una persona a quien de forma natural el análisis de información y la verificación de coherencia entre los datos aportados por el cliente y los informes extraídos del modelo le apasionaba.

Los beneficios fueron evidentes frente a otros equipos dentro de la misma empresa, lo cual facilitó extraordinariamente hacer un cambio de cultura global integrando BIM y el valor humano.

## 2. La ejecución de la obra mediante Lean Construction

La filosofía Lean Construction busca implantar sistemas de gestión colaborativos en la construcción. Por una parte, se crean cuadros de mando para el proyecto en base a una alineación de objetivos donde se definen claramente los valores en los que se apoyará la toma de decisiones. Así, implanta un sistema de gobierno para el proyecto que alinea los intereses de todos los agentes, entendiendo que el mayor valor para todos solo se obtiene haciendo a un equipo trabajar en relaciones *win-win*; o dicho de otra manera, el equipo buscará soluciones a la problemática que no impliquen que uno de los agentes tenga que perder. La filosofía Lean Construction entiende que los proyectos de construcción no son un *Juego de Suma Cero*. Es decir, un juego en el que, para que unos ganen, otros tienen que perder. Aunque la idea de aplicar teoría de juegos a la gestión de la construcción (Friedel, 2008) no es nueva, Lean Construction la aplica de forma experimental, colaborativa y teniendo en cuenta factores no cuantitativos.

Por otra parte, Lean Construction pretende estructurar el trabajo en el proyecto y su toma de decisiones de una forma particular entendiendo todas las actividades de valor añadido como un sistema productivo. Esto quiere decir que todos los agentes expondrán sus requisitos, necesidades y condiciones de satisfacción para llevar a cabo el trabajo y negociarán con el resto de agentes para poder encajar los tiempos y necesidades del proyecto.

Para poder llevar a cabo estos dos cambios de sistema radicales, gobierno y producción, es imprescindible tener en cuenta el factor humano, puesto que estamos tratando de modificar la forma de trabajar tradicional de la industria de la construcción. Estamos cambiando el paradigma desde el “mi empresa ha de ganar lo máximo posible a costa del resto” a “vamos a trabajar multidisciplinariamente para sacar el mayor valor para el sistema”, puesto que la forma de entender la negociación diaria de la filosofía lean para la resolución cooperativa de problemas aumentando el valor total aportado al sistema, hace que se creen entornos de verdadera colaboración.

El BIM ofrece la posibilidad de trabajar de esta forma, ya que permite pensar y decidir de forma consensuada sobre un modelo virtual todo aquello que hoy se hace en obra. El Lean Construction aporta una estructura metodológica al cambio que propone el uso de BIM.

A continuación, se explica el factor humano en un ejemplo de proyecto donde los objetivos se consensuan y alinean de forma que la toma de decisiones se da sobre el modelo virtual.

### **2.1. Estudio de Caso: La nueva unidad de críticos del Hospital Santa Caterina en Salt, Girona**

En primer lugar, se implantó un sistema de gobierno donde la toma de decisiones se realizaba de forma colaborativa y en función del impacto sobre los valores consensuados. Esto quiere decir que en lugar de tener un proyecto donde el responsable toma las decisiones, teníamos un proyecto donde el responsable comunicaba y justificaba las alternativas que proponía para acabar consensuando la decisión, a pesar de que en el fondo el responsable seguía siendo el mismo. En nuestro sector, acostumbrado a trabajar interdisciplinadamente y de forma individual, este sistema de trabajo en equipo es costoso de interiorizar. Los responsables de una decisión no están acostumbrados a analizar las alternativas en función de cómo impactan a los valores definidos por el resto ni mucho menos a valorarlos de una forma colaborativa.

Las sinergias creadas entre BIM y Lean permitieron al proyecto analizar la viabilidad del diseño, de la construcción y del mantenimiento con el modelo BIM, como ya han hecho otros antes (Fosse 2017). Esta parte de análisis era más fácilmente asumible por los agentes. Aunque algunos al principio no entendían el valor de la discusión en equipo, sí que veían el valor del análisis. Esto permitió al equipo introducirse en dinámicas de análisis colaborativas. No obstante, ocurría que no todo el mundo prestaba atención al análisis cuando debía. Había personas que sólo entraban en la discusión cuando era inevitable, así, en ocasiones el debate les afectaba directamente pero no participaban, pensando que no añadía valor a la discusión el debate en equipo. El efecto de este comportamiento es que normalmente dichas personas sacaran el tema más adelante, cuando la decisión esté ya cerrada, haciendo a todo el equipo perder el tiempo.

En nuestra opinión, en la implantación de estos nuevos sistemas de gestión, el mayor riesgo que corremos es que las personas no entiendan su nuevo rol y sus nuevas responsabilidades. Por ello, necesitamos perfiles dispuestos a liderar el trabajo en equipo, porque hasta que no se hayan desarrollado muchos proyectos con estos sistemas y todos los agentes entiendan el nuevo modelo de gestión, el cambio necesitará de alguien que conduzca.

Para ello, buscaremos a la persona que se sienta cómoda llevando a cabo este cambio de sistema de trabajo, evitando en la medida de lo posible trabajar con el que no sabe trabajar en equipo. Esto quiere decir, evitar aquellos perfiles que cogen los problemas y corren, sin pararse a consensuar la solución, porque estas personas se sobrecargan innecesariamente y acaban impactando en la moral del equipo y creando mal ambiente.

En la misma línea, trabajar con un sistema de gobierno colaborativo implica que todo el mundo tiene acceso a la información, y esta no siempre está actualizada y/o completa. Por lo que en estos nuevos modelos se

trabaja con información incompleta. Lo cual puede ser fuente de conflicto, puesto que las personas en los proyectos están acostumbradas a exigir información perfecta para poder proteger su responsabilidad y culpar al otro como mecanismo de defensa, pero en un entorno colaborativo se trabaja sobre información de una forma sistemática e iterativamente y se toman decisiones con la mejor información disponible.

En segundo lugar, implantamos un sistema de producción que incluye dentro del sistema de trabajo a todos los agentes. La experiencia fue que para todos fue más fácil entender cuáles son sus condiciones de satisfacción, pero no lo es tanto entender que se ha de proporcionar toda la información de la que disponen para poder planificar el desarrollo de los trabajos y que, si sus condiciones no se pueden cumplir a tiempo, es posible que se deba negociar o re-planificar todo el trabajo.

Por último, aunque el BIM mejoró los aspectos relativos al diseño constructivo, no nos permitió mejorar en los procesos de ejecución, ya que la falta de comprensión del sistema por parte de los operarios impidió usar los modelos digitales para discutir nuevas formas de ejecución más industrializadas, como ya se ha hecho en otros países (Tillmann 2015). En parte, debido a la escasa duración del proyecto, insuficiente para superar la curva de aprendizaje necesaria para cambiar el enfoque.

La implantación del BIM y del Lean sólo será un éxito si trabajamos el grupo de forma multidisciplinar para que se convierta en un equipo de alto rendimiento, capaz de trabajar con una sistemática colaborativa donde los roles y responsabilidades de cada persona se adapten a sus talentos. En el proyecto aprendimos que es imprescindible la formación y hacer hincapié en el cambio. Aquellas personas que defienden que siempre han trabajado así, son los que no ven el cambio que se les está pidiendo, y por ello son los que no vamos a querer en el arranque de este tipo de proyectos. Casi todas las personas dicen estar abiertas al cambio, pero en realidad muy pocas son realmente capaces de ser pioneros en estos entornos porque en cuanto surja alguna duda tendrán una inercia de volver a la forma tradicional de enfocar los proyectos. Para implantar una innovación colaborativa, se precisa personas que les guste coordinar equipos, innovar y/o que se dejen llevar, no a personas que estén cómodas en el ordeno y mando.

### 3. La implantación del BIM y el desarrollo de competencias sociales

La implantación del BIM en una organización o en un proyecto supone un proceso de cambio. Como todo proceso de cambio, comparte una serie de características que es conveniente saber identificar para poder aceptarlas, respetarlas y poder trabajarlas. Estas características son variables en función de cada persona y de cada momento del proceso de cambio. La resistencia al cambio, la negación, las sobre-expectativas o al contrario las sub-expectativas, el miedo a lo desconocido, la incertidumbre que supone trabajar de forma diferente y la negación de la necesidad o utilidad de cambiar, pueden ser las más comunes.

Por ello, el estilo de liderazgo puede llegar a ser clave para el éxito. La gestión del cambio precisa de un estilo de liderazgo basado en los conocimientos técnicos, pero también basado en la capacidad de escuchar, de atender las necesidades del otro, de tener un rol de “facilitador”, más que de “controlador” (más propio de un estilo de liderazgo basado en la jerarquía). Se trata de pasar de ser un agente externo que ejecuta un plan pre-concebido, a desarrollar una estructura transversal basada en el trabajo colaborativo de base. El responsable de la implantación puede tener el objetivo a alcanzar muy claro, pero puede ser muy flexible en la forma de conseguirlo y en el alcance de este objetivo. Esto permite negociar y adaptarse a las circunstancias de cada implicado, las cuales, a menudo pueden tener un trasfondo personal. Visto de esta manera, puede interpretarse como un hándicap, pero en realidad es una oportunidad que hay que saber aprovechar a través de trabajar la motivación interna. Es decir, trabajar “**por Qué**” en lugar del “**para Qué**”.

Para trabajar el “**por Qué**” de forma colaborativa, hay que estar muy atento a lo que pasa, preguntar, escuchar y analizar. Es lo que se entiende como **Escucha Activa**. En este sentido cada vez defendemos más la idea de liderazgos compartidos, ya que permiten tener una visión más amplia de lo que pasa. Además refuerzan la estructura organizacional transversal facilitadora del trabajo colaborativo. En liderazgos

compartidos las funciones en los roles pueden separarse a partir de los talentos personales de cada agente, tal y como ya hemos explicado al principio.

Por tanto, el agente responsable en liderar este proceso de cambio, requiere de conocimientos técnicos específicos, pero también de competencias sociales y **valores que generan valor**. Tales como; el **Respeto** (si queremos que todo el equipo colabore, respetar las especificidades de cada miembro facilita llegar a acuerdos asumibles), la **Empatía** (la capacidad y sensibilidad para ponerse en el sitio del otro permite entender los motivos del otro y evita que los prejuicios se interpongan al análisis), el **Reconocimiento** (puesto que a todos nos gusta que reconozcan el valor de nuestra aportación al equipo), el **Agradecimiento** (en un proceso de cambio, la gratitud fortalece al equipo puesto que permite establecer vínculos que resistan los momentos de crisis que se dan en todo proceso de cambio), la **Responsabilidad** (implementar BIM es implementar trabajo colaborativo y en la definición de trabajo colaborativo está implícita la responsabilidad compartida en todos los aspectos del proyecto), el **Empoderamiento** (para asumir una determinada responsabilidad, se debe tener la percepción de que se es capaz de ello. Por esta razón, la responsabilidad compartida requiere el empoderamiento de aquellos que la asumen), la **Flexibilidad** (la capacidad de gestionar la incertidumbre derivada del cambio, aprendiendo a convivir con ella, permite controlarla a partir del descubrimiento de los propios recursos) o el **Autoconocimiento** (conocerse a uno mismo es fundamental para poder comunicar a los demás que se puede aportar y que se necesita, así como de los recursos que uno tiene para gestionar la incertidumbre).

No obstante, la conveniencia de adquirir estas competencias no es exclusiva del que lidera la implantación, sino que al resto de implicados también precisan de ellas. Esto es así porque el BIM implica un cambio en la cultura organizacional, haciéndola más sensible al valor que tienen las personas.

### 3.1. Estudio de Caso. Implantación del BIM en un proyecto de transformación de un edificio emblemático

En este caso, nos situamos como responsables de la implantación del BIM en un proyecto donde los agentes que deben participar en él eran noveles en la materia. Además, puesto que la petición de desarrollar el proyecto en BIM era un requerimiento del cliente, consideramos que, a priori, no había una motivación interna para el cambio. Por ello, partíamos de la hipótesis que el principal obstáculo para la implantación del BIM en el proyecto sería la resistencia al cambio de los agentes implicados.

Con el fin de tratar esta resistencia, organizamos *talleres de co-creación* en los que los implicados participaron de forma activa en lo que se necesitaba definir, de tal forma que se sintieron escuchados y reconocidos. Esto también nos dio la oportunidad de observar el grado de motivación interna de cada persona del equipo y que percepción del cambio tenía cada uno. Cuando tuvimos que concretar la forma de desarrollar el proyecto usando BIM, nos aseguramos de que cada persona entendiera el porqué de cada decisión tomada y preguntamos qué dificultades preveía cada uno que iba a tener para implementar en su trabajo lo acordado. Pedimos que nos lo contaran sin temor alguno, estábamos allí para facilitar el trabajo y para acompañar durante el proceso. Los profesionales del sector están poco acostumbrados a que se preocupen por ellos y por cómo van a hacer lo que se está acordando, así que esta actitud permitió conocer las circunstancias particulares de cada participante con bastante facilidad.

Con la información recogida en estos talleres, pudimos establecer una estrategia común y negociar aquellos aspectos que se podían escalar manteniendo los objetivos del cliente y, para los que no, poder planificar medidas de contingencia que no pusieran el peligro ni al proyecto ni a sus participantes.

Tenemos que decir que nunca nos hemos arrepentido de preguntar y preocuparnos por alguien que participa en un proyecto y más de una vez de no hacerlo. También es importante tener en cuenta que, cuando uno dirige puede, sin darse cuenta, “desempoderar” a las personas a las cuales dirige y es su responsabilidad hacer lo contrario, ya que en un proyecto colaborativo es necesario que cada miembro se sienta capaz de ejecutar lo acordado y se comprometa a ello.

Por otra parte, en un proyecto con más de treinta personas implicadas, de diferentes nacionalidades y sensibilidades, de entrada el ambiente era algo tenso. Como responsables de la implantación del BIM y del cambio que supone, nos hicimos responsables de poner atención en crear un ambiente agradable y amable de trabajo. Empezamos por algo tan básico y fácil como impregnar el ambiente de aspectos formales tales como: dar los buenos días, sonreír, preguntar cómo estás, cómo va todo, ser agradecido, etc., aspectos todos ellos de sentido común pero a menudo nada obvios ni comunes si no paramos a pensar en ellos y a otorgarles la importancia que tienen. Obviamente, fue algo muy fácil de llevar a cabo y contribuyó a que se generara el ambiente de confianza que necesitábamos para que el factor humano aflorara en positivo. Fue sorprendente comprobar el efecto que tiene el reconocimiento personal y potenciar las relaciones personales en un sector donde sus trabajadores suelen recibir sólo feedbacks negativos o, como mucho, vistos buenos.

En definitiva, el éxito de la Implantación del BIM radicó en conseguir establecer un ambiente de confianza y compromiso, a partir de atender las necesidades de cada agente y de respetarlas jugando con el alcance de la implantación y la correcta visualización de los riesgos a mitigar.

#### **4. Conclusiones**

Se abre un nuevo horizonte para el trabajo colaborativo en el sector de la edificación, uniendo las capacitaciones y conocimientos técnicos al poder de la participación activa y las aportaciones a un propósito de equipo. Un horizonte en el que la comunicación hace fluir el talento y la innovación, mediante la fricción positiva entre personas que forman parte del proyecto desde su inicio y se corresponsabilizan del resultado final.

Para ello es necesario potenciar las competencias sociales, lo cual supone un verdadero reto para los profesionales del sector de la construcción dado la poca atención que tradicionalmente se ha prestado a desarrollarlas, tanto en el mundo profesional como académico.

No obstante, los protocolos de colaboración que se usan actualmente en el BIM, aunque han sido desarrollados desde un punto de vista técnico, pueden aprovecharse para desplegar este tipo de competencias, ya que fomentan la interacción humana. Por tanto, representan una valiosa oportunidad para trabajar el factor humano de los proyectos a lo largo de todo su ciclo de vida.

#### **5. Referencias**

ADAMU, Z.A., EMITT, S., SOETANTO R. (2015) Social BIM: *Co-creation with shared situational awareness*. The Journal of Information.

AYATS, C. y CERVERÓ, F (2014). *Lean Construction, Integrated Project Delivery y BIM: Un caso de estudio*. EUBIM 2014. Editorial Universitat Politècnica de València.

AYATS, C. (2015). *Lean: Diseño y construcción*. España: Círculo Rojo.

BUTCHER, S. (2015). Social BIM Episodes. Su Butcher. <https://www.theb1m.com/videos>.

CLIFTON, D. y BUCKINGHAM, M. (2005). *Now, Discover Your Strengths: How To Develop Your Talents And Those Of The People You Manage*. EEUU: Pocket books Business.

FOSSE, R. , BALLARD, G., FISCHER, M.( 2017), *Virtual Design and Construction: Aligning BIM and Lean in Practice* In:, 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Heraklion, Greece, 9-12 Jul 2017. pp 499-506

FRIEDEL PELDSCHUS (2008) *Experience of the game theory application in construction management*, Technological and Economic Development of Economy, 14:4, pp 531-545.

JUN, L. (2015). *Human factors in agile software development*. School of Computer Engineering. Nanyang Technological University.

LALOUX, F. (2015). *Reinventing organizations*. Munich: Change Factory.

LIU, Y, VAN NEDERVEEN, S., HERTOOGH, M. (2016). *Understanding effects of BIM on collaborative design and construction. An empirical study in China*. Proceedings Architectural Management in the Digital Arena. pp.686-697.

MANZIONE, L., WYSE, M., OWEN, R.L y MELHADO, S.B. (2011). *Challenges for Implementation of a New Model of Collaborative Design Management: Analyzing the Impact of Human Factor*. Viena: Proceedings Architectural Management in the Digital Arena. pp 256 -265

MC PARTLAND, R. (2015). *Scrum: El nuevo y revolucionario modelo organizativo que cambiará tu vida*. Barcelona: Planeta.

MC PARTLAND, R. (2017). *BIM Levels explained*. Newcastle: NBS.

RIES, E. (2011). *The Lean Start-Up*. EEUU: Crown Publishing Group.

ROVIRA, A. y TRÍAS, F. *La buena suerte*. (2004). Barcelona: Círculo de Lectores.

THE ENGINEERING DESIGN (2017). 7 Critical Factors of Success in BIM Implementation.  
<https://www.theengineeringdesign.com/7-critical-factors-success-bim-implementation/>

TILLMANN, P., VIANA, D., SARGENT, Z., TOMMELEIN, I. & FORMOSO, C. (2015), *BIM and Lean in the Design-Production Interface of ETO Components in Complex Projects*. In: Seppänen, O., González, V.A. & Arroyo, P., 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Perth, Australia, 29-31 Jul 2015. pp 331-340.

## Números gordos y diseño paramétrico en el encaje de proyectos modulares

Torres-Marrades, Raquel<sup>a</sup> y Pascual-Sáez, María<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Arquitecta en C95 Creative, raqueltorres@c95creative.com

<sup>b</sup>Directora BIM en C95 Creative, mariapascual@c95creative.com

---

### Abstract

*Parametric design is a design process based on an algorithmic schema that enables the expression of parameters and rules, that together define, code and clarify the relationship between design intent and design response.*

*The use of this type of design in architecture unlocks a set of advantages that must be considered, providing an understanding of the project implications from the initial phase. These advantages not only apply to the modelling but to the direct information associated to it and what can be derived from it.*

*In parametric design there is a link between the entities conditioned by the defined variables. This link is clearly highlighted when the project becomes modular, when the articulated modules are adapted among them to define the project as a whole.*

*What are the implications of modifying the height? What is the total number of rooms obtained as a result of extending the basic module? What is the cost of expanding the comunal areas? How many square meters are lost by reducing the building footprint?*

**Keywords:** budget, changes, modular, normative, parametric design

---

### Resumen

*‘Se denomina diseño paramétrico a un proceso de diseño basado en un esquema algorítmico que permite expresar parámetros y reglas que definen, codifican y aclaran la relación entre los requerimientos del diseño y el diseño resultante.’*

*El uso de este tipo de diseño en arquitectura conlleva una serie de ventajas a tener en cuenta, permitiendo desde fases iniciales conocer la implicación del proyecto. La modificación de parámetros y sus relaciones permite observar rápidamente los cambios del conjunto. Tanto a nivel de modelado, como de la información asociada a éste y de la que se puede deducir.*

*Existe una relación entre las partes condicionada a partir de las variables definidas. Una relación que se hace más evidente en la medida en que el proyecto se vuelve modular, cuando se lleva a cabo una readaptación de módulos articulados entre sí para definir el todo. Un todo del que se podrá obtener información de todo tipo, gracias a las variables y su relación.*

*¿Qué implica una modificación en altura? ¿Qué número de habitaciones se obtienen al ampliar el módulo básico? ¿Qué presupuesto aproximado implica aumentar las zonas comunes? ¿Cuántos metros cuadrados se pierden al reducir la ocupación del edificio?*

**Palabras clave:** diseño paramétrico, modificaciones, modular, normativa, presupuesto

---

## Introducción

El objeto de la presente comunicación es potenciar la importancia del BIM en fases previas al proyecto. Surge de la necesidad de resolver un problema habitual en muchas empresas: conseguir optimizar el diseño arquitectónico partiendo de unos condicionantes y/o exigencias y, a su vez, permitir al cliente observar y entender todo el proceso a seguir, siendo partícipe de todo ello. La respuesta era sencilla, había que hacer uso del diseño paramétrico en su sentido más amplio.

La arquitectura de Gaudí es de las que más refleja el uso de ecuaciones paramétricas. Donde mejor se observa es en el modelo de fuerza invertida que planteó para el diseño de la Cripta de la Colonia Güell construida entre 1898 y 1914 [2]. Con ello consiguió calcular automáticamente los resultados paramétricos, en función de longitud de la cadena y la posición del punto de anclaje, obteniendo distintas opciones de diseño [5].

Luigi Moretti presentó en la exposición *Parametric Architecture* de 1960 en la XII Trienal de Milán un estadio derivado de un modelo paramétrico. El diseño dependía de distintos parámetros, relacionados con el ángulo de visión y al coste económico del hormigón [1].

Ivan Sutherland creó en 1963 el primer programa interactivo de diseño asistido por ordenador, que permitía dibujar líneas y arcos que estuvieran relacionados entre sí, aunque nunca se refirió a él como diseño paramétrico. No sería hasta unas décadas después, en 1988 cuando se lanzara el primer software de modelado paramétrico que tuvo éxito comercial, *Pro/ENGINEER* [7].

En 2004 *Gehry Technology* lanza *Digital Project*, absorbiendo aspectos de otros softwares, para conseguir llevar a cabo las complicadas geometrías propias de Gehry. En ese momento pocos despachos de arquitectura diseñaban geometrías lo suficientemente complejas como para justificar el uso de *Digital Project*. Algunos arquitectos simplemente se quedaron con *AutoCAD*, mientras otros se decantaron por *Revit* y *ArchiCAD*.

Autodesk acuñó el término BIM a *Revit* con el fin de identificarlo frente a sus posibles usuarios [7]. Aunque no hay que olvidar que los parámetros además de aportar información, son capaces de relacionarse entre sí, permitiendo así definir *Revit* como un software de componente paramétrica.

No es hasta unos años más tarde cuando se lanzan *Grasshopper 3D* y *Dynamo*, dos *plug-in* de uso en *Rhinoceros* y *Revit*, respectivamente. Se trata de un lenguaje de programación visual que permite de forma relativamente sencilla interactuar con los distintos parámetros para generar diseños en función de las necesidades.

No únicamente las geometrías complejas son diseños paramétricos. Lo paramétrico es simplemente aquello que se combina mediante una serie de variables o premisas y que va variando en función a ello, permitiendo obtener distintas versiones que cumplen cada una de las exigencias dadas. Es decir, aunque es de gran ayuda el diseño paramétrico a la hora de llevar a cabo un proyecto en forma de hiperboloide, también lo es cuando se trata un diseño modular en función de unas distancias y condiciones iniciales.

En este sentido el diseño industrial siempre ha ido por delante, entendiéndose ya desde un principio la necesidad de relacionar los distintos elementos entre sí [3]. Únicamente hay que trasladarlo al diseño arquitectónico. Además, esto conllevaría más ventajas que desventajas. De cara tanto a clientes como a compañeros o a nosotros mismos, las decisiones 'informadas' siempre son más bienvenidas que las 'no informadas' [6]. Cuando el proceso de diseño se ayuda de la parte paramétrica puede ofrecer información acerca de las decisiones tomadas, además de permitir automatizarlo [4].

El diseño paramétrico permite orientar cada alternativa en función de las necesidades propias de cada proyectista. Puede incluir parámetros a nivel de normativa, de carácter energético, orientados a la sostenibilidad... Cada cual es responsable de establecer sus prioridades y obtener sus diseños óptimos en función de ellas.

Otro aspecto que se ha tenido en cuenta es cómo explicar y hacer partícipe al cliente de todo el proceso de diseño. Permittedole entender mejor las decisiones y ayudando en ello dentro de lo posible.

## 1. Proyecto

Se trata de una residencia de estudiantes. Lo primero que transmite el cliente es la duda ante la rentabilidad y las opciones del proyecto tanto a nivel de la elección del solar como de la construcción del propio edificio. Es necesario, por tanto, un estudio de la viabilidad. Pero no solo a un detalle bajo, sino intentando detallar más. Es decir, se necesita conocer qué opciones de diseño permitirán que sea viable, y cómo van a repercutir en los resultados del proyecto dichos diseños. Se necesitaba además de obtener unos números aproximados del conjunto, obtenerlos también en cuanto al diseño algo más concreto. No valía con obtener un coste aproximado partiendo de precios por metro cuadrado genéricos, sino que una vez obtenidos estos valores se quería especificar dentro del propio diseño, en función de los módulos utilizados. De este modo se podrían obtener unos presupuesto aproximado más exacto, que permitiera mejorar el proyecto.

## 2. Procedimiento

Para llevar a cabo el encargo se plantearon distintos niveles o fases dentro del mismo. En cada uno de esos niveles se irían filtrando y descartando las opciones que no cumplieran con las exigencias asignadas. Se partiría de parámetros más genéricos hasta llegar a otros más concretos.

En el primero de los niveles se introducirían datos de los condicionantes, como pudiera ser exigencias del cliente o de normativas. Estos datos serían utilizados en *Dynamo Studio* para poder crear un diseño paramétrico genérico que permitiera crear distintos esquemas o bocetos dentro de los rangos introducidos.

En el siguiente paso se analizarían los datos obtenidos en los diseños anteriores utilizando para ello *Project Fractal*. De este modo se podrían reducir el número de opciones en función de los resultados obtenidos y nuevas premisas.

Con los resultados de *Project Fractal* se utiliza la herramienta *Power BI* para visualizar de forma más sencilla las distintas opciones. Con un panel intuitivo se presenta al cliente y se muestran y filtran las distintas opciones, para poder elegir cuál es la más óptima.

Por último, con los resultados obtenidos, se dirige la atención a *Revit* con la finalidad de definir con más detalle el diseño. Eligiendo ya entre el tipo de módulo a utilizar teniendo presentes todos los parámetros contemplados y añadiendo otros tantos que influirán en el edificio a nivel más de detalle, como puede ser el número de núcleos de comunicación necesarios. Además de tener controlados el total de los elementos necesarios y, por tanto, conseguir un presupuesto menos alejado de la realidad.

### 2.1 Dynamo Studio

Para llevar a cabo la definición de *Dynamo* hay que tener en cuenta los tipos de parámetros utilizados. Por una parte se introducen unas variables iniciales que no modificables. Estas son aquellos valores referentes a temas de normativa o exigencias muy concretas. Por otra parte tenemos parámetros de entrada que si que serán modificables aunque tengan restricciones concretas, pero que se podrán mover dentro de un rango. A continuación tenemos parámetros intermedios (grupos de color morado en la *Fig. 1*), que únicamente son el resultado de los iniciales y sirven de unión con los datos de salida necesarios (grupo de color naranja en la *Fig. 1*). Estos últimos serán los que sean capaces de generar decisiones, bien por informar de superficies, presupuestos o cantidad de materiales, por ejemplo.

El primer paso es introducir los datos de la parcela y en relación a estos los retranqueos mínimos exigidos por normativa. Con ellos se genera una superficie que limitará la ubicación del edificio.

El segundo paso es introducir parámetros de entrada variables por el usuario. Estos pueden ser referentes a número de plantas, altura entre ellas, longitud del edificio, etc. Aunque se trata de parámetros que se mueve dentro de unos rangos y por tanto generarán distintas opciones, pueden, o no, estar restringidos en ciertos puntos. Lo que hace referencia al siguiente paso: comprobar algunas exigencias que deban limitar los diseños. Por ejemplo, aunque la parcela me permita llevar a cabo un edificio de 100 metros de longitud, si comparándolo con el número de plantas supera la edificabilidad, esta opción no será viable.

Por último, se generan unos parámetros que permitirán visualizar los resultados de cada uno de los diseños. Se trata de datos entre los que más adelante se elegirá para limitar las opciones de diseño.

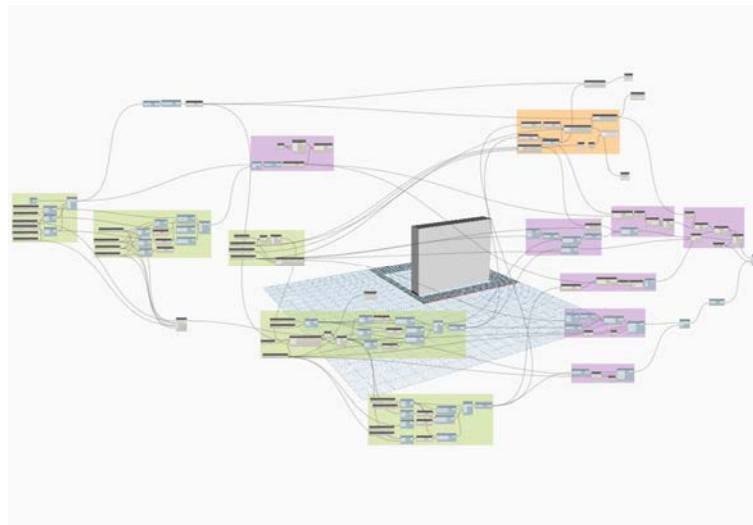


Fig. 1 Definición Dynamo Studio. Fuente: Elaboración propia (2018)

## 2.2 Project fractal

Project fractal es una plataforma de Autodesk que permite generar diseños paramétricos partiendo de un modelo o definición realizado con *Dynamo Studio*.

Cuando se genera la definición en *Dynamo Studio* se puede ir definiendo qué parámetros se podrán modificar con *Project Fractal* y cuáles no. Aunque, como se ha dicho anteriormente, existen varios parámetros de entrada que se mueven dentro de unos rangos no todos tienen por qué ser modificables en *Project Fractal*. El diseñador/proyectista puede querer restringir ciertos valores en la nube. Por ejemplo, aunque el número de plantas sea un parámetro de entrada que se mueve dentro de un rango dentro de *Dynamo*, puede que en *Project fractal* sea una consecuencia del resto de parámetros; es decir, que venga definido por otras fórmulas que se consideren de mayor importancia en ese momento.

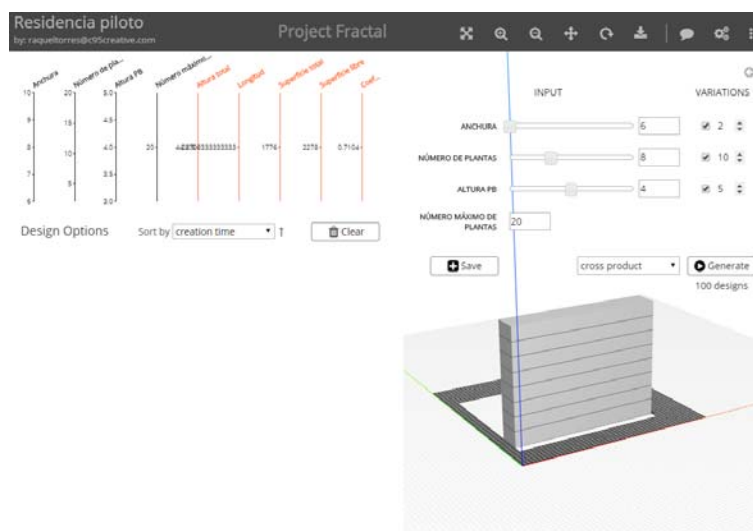


Fig. 2 Definición en Project Fractal. Fuente: Elaboración propia (2018)

En la Fig. 2 podemos observar el resultado de subir la definición realizada a *Project Fractal*. A la izquierda se observan unos parámetros con distintos valores. Los de color negro son los que se utilizan como parámetro de entrada, mientras que en naranja se trata parámetros de salida, es decir, los que anteriormente se ha denominado como datos. A la derecha se encuentran los parámetros de entrada con el número de

variaciones que puede tener cada uno de ellos. A medida que se restringe el número de variaciones, se modifica el número de diseños a generar (el dato que se encuentra debajo del botón *Generate*).

En este estudio, interesaba generar las máximas combinaciones que se permitían en función de la definición dada, es decir, los 100 diseños. Una vez generados se observan los parámetros de salida y se marcan ciertas limitaciones tras analizar todos los parámetros. En este caso, se define un rango de número de plantas entre 5 y 15, la altura de planta baja por encima de los 3,5 metros y un coeficiente de edificabilidad de 0,85. Tras ello, los diseños que se generan más adaptados a las necesidades y exigencias dadas son únicamente 24.

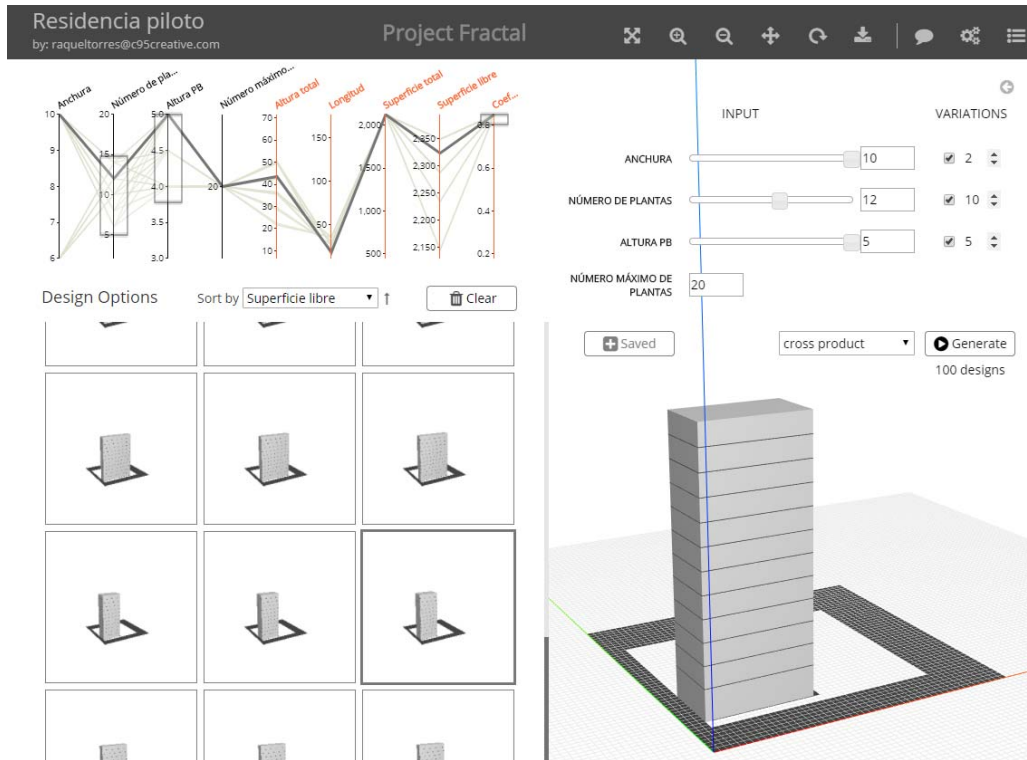


Fig. 3 Resultado Project Fractal. Fuente: Elaboración propia (2018)

Como se puede ver en la Fig 3, en cada momento se puede ver en que rangos se están moviendo las opciones de diseño. Además se pueden ir ordenando los resultados de diseño en función de los parámetros dados, por ejemplo, en la Fig 3 los diseños se ordenan en función de la superficie libre en planta baja.

### 2.3 Power BI

Los resultados de esos 24 diseños se presentan al cliente para que sea capaz de elegir dentro de algunos de los parámetros. Para ello se descargan los datos obtenidos en formato csv y se introducen en Power BI. Se prepara la documentación de modo que a simple vista se pueda observar para cada uno de los diseños: altura de planta baja, altura total, anchura, longitud, superficie libre en planta, superficie total y número de plantas. Además se crean seis filtros que se corresponden con los parámetros anteriores, excepto la superficie total, puesto que en todos es la misma (debido al coeficiente de edificabilidad). En la Fig. 4 se puede observar la ficha a presentar. Se añaden tres gráficos, referentes a la proporción de planta baja con respecto a espacio libre, planta baja con respecto a superficie total y la media de anchura con respecto a la longitud de edificio.



Fig. 4 Resultado Project Fractal visto en Power BI. Fuente: Elaboración propia (2018)

Tras observar los datos se decide elegir una anchura de diez metros, permitiendo habitaciones a ambos lados, limitar la altura de planta baja a 4,5 metros y limitar el número de plantas a diez. Aplicando dichos filtros permanece únicamente una opción de diseño. La opción resultante mantiene una proporción 1/3 en cuanto a las relaciones establecidas: planta baja y espacio libre, planta baja y superficie total y anchura y longitud.



Fig. 5 Resultado en Power BI tras aplicación de filtros. Fuente: Elaboración propia (2018)

## 2.4 Revit

Partiendo de la opción de diseño resultante en las anteriores fases se plantea el proyecto en Revit. No se toman los datos exactos, sino que se parte de la idea y se introducen cada uno de los parámetros en Revit para tenerlos controlados. En la Fig. 6 se observan estos parámetros, que van variando según se van llevando a cabo las modificaciones.

Puesto que estaba claro que iba a tratarse de un proyecto modular, lo primero que se hizo fue crear un archivo que se utilizaría como módulo. Una vez creado éste, se insertó en el archivo central del proyecto como vínculo y se establecieron todas las relaciones necesarias para generar los parámetros vistos. De este modo, sin tener muy claro el tipo de módulo o los elementos en él, se podrían obtener resultados reales en cuanto a número de habitaciones o número de núcleos de escalera, por ejemplo.

Una vez establecidas estas relaciones, se definió el módulo a utilizar. Con ello, rápidamente se podían obtener los resultados en cuanto a mediciones o parámetros concretos.

Parámetro	Valor
<b>Restricciones</b>	
Superficie máxima edificio	7650,000 m <sup>2</sup>
Longitud máxima edificio	108000,00
Ancho máximo edificio	66000,00
Nº máximo plantas	32,000000
<b>Construcción</b>	
Superficie real edificio	2236,832 m <sup>2</sup>
Nº plantas	10,000000
Altura real edificio	34945,40
Superficie real planta tipo	233,772 m <sup>2</sup>
Superficie real planta baja	132,884 m <sup>2</sup>
Ancho real edificio (informe)	15660,00
Longitud real edificio	14928,00
Nº total habitaciones	7,000000
Ancho pasillo	2000,00
Nº núcleos escaleras	1,000000
Altura real planta baja	4500,00
Altura real planta tipo (informe)	3393,60
PB_AI	0,00
PB_AD	3500,00
PB_LS	2000,00
PB_LI	2000,00
Longitud real planta baja	10928,00
Ancho real planta baja	12160,00
<b>General</b>	
<b>Datos</b>	
Superficie parcela	9000,000 m <sup>2</sup>
Edificabilidad	0,850000
Ancho parcela	75000,00
Longitud parcela	120000,00
Retranqueo AI	3000,00
Retranqueo AD	6000,00
Retranqueo LS	6000,00
Retranqueo LI	6000,00

Fig. 6 Parámetros globales utilizados en el proyecto. Fuente: Elaboración propia (2018)

Si hubiera que cambiar el tipo de módulo, únicamente habría que modificar el vínculo y recargarlo en el archivo central. Todo esto permitió crear un gran número de opciones con sus respectivos resultados en poco tiempo.

### 3. Resultados

Haciendo un análisis de los datos, se puede decir que el 'proyecto piloto' ha sido satisfactorio. A nivel personal ha conseguido más ventajas que desventajas. No consigue solo el objetivo perseguido de permitir optimizar el proyecto obteniendo los datos deseados, sino que además permite crear una forma de trabajo más enriquecedora durante el proceso de diseño. Se conoce realmente el potencial que tiene este modo de trabajo, siendo conscientes de que va a ser una línea a seguir en futuros trabajos. Teniendo en cuenta también la disposición y el nivel de gratitud del cliente.

Resumiendo se podrían englobar las ventajas obtenidas en dos grupos, uno referente al tiempo empleado y otro a la mejora del proceso de diseño.

En cuanto al primero de ellos, los resultados son claros:

- **Reducir tiempos de trabajo.** Todas las opciones mostradas por los distintos programas habrían necesitado muchísimo tiempo si hubieran tenido que ser obtenidos manualmente. Además evitó perder tiempos en diseños que no iban a ser viables. Esto hablando de la fase más inicial del proceso de diseño, donde se busca el diseño del conjunto, pero si además se centra la atención en el diseño concreto del edificio, los tiempos se reducen todavía más. Únicamente con la modificación

de un módulo se ha sido capaz de obtener datos de mediciones, presupuesto y viabilidad del proyecto, pudiendo proponer varios diseños en cortos periodos de tiempo. Hay que tener en cuenta también, que aunque ahora se haya necesitado cierto tiempo en la labor de investigación y elaboración mediante el uso de los distintos programas, todo ello podrá ser utilizado, y evolucionado, en futuros proyectos con menor tiempo de inversión.

- **Cambios rápidos.** Está relacionado directamente con el punto anterior. El hecho de ser un proyecto paramétrico, sumado a lo modular, ha permitido crear amplias opciones de diseño en mucho menos tiempo del deseado. Sin necesidad, incluso, de moverse en grandes archivos que ralentizan el trabajo diario, con la única necesidad de modificar un archivo simple y de peso reducido.
- **Automatización de procesos.** Al poder parametrizar el proceso, conlleva a poderlo realizar de forma automática. Esto no solo influye en la reducción de los tiempos de trabajo nombrada, sino que además permite reducir los errores humanos generados durante el proceso.

En cuanto a la mejora del proceso de diseño se pueden derivar otras tres ventajas:

- **No olvidar opciones.** Generalmente al llevar a cabo el estudio de opciones mediante herramientas paramétricas suele conllevar el hecho de aumentar el número de opciones. Normalmente, haciéndolo de modo manual, se evitaría parte de esas opciones con el fin de reducir el tiempo. De este modo impide ver las ventajas y mejoras que pudieran ocasionar esos diseños alternativos que, a simple vista, pudieran parecer irrelevantes.
- **Observar y documentar el proceso.** En ocasiones se presentan las opciones de diseño finales, olvidando las razones que llevaron a ellas. Realizando todo este proceso, se van almacenando los datos de cada una de las opciones, permitiendo en todo momento observar las ventajas y desventajas de cada elección.
- **Hacer entender al cliente/usuario la toma de decisiones y hacerle participe en parte del proceso.** Hay momentos en que puede resultar complejo explicar al usuario el por qué de la toma de decisiones y hacerle ver las razones del camino a seguir. Tras aplicar este proceso, quedaba constancia del por qué de cada una de las decisiones tomadas, basadas en datos reales. Esto ayudó a mejorar la confianza del cliente en el proceso. Además, al poder observar distintas opciones, le permitió dar su opinión en distintos aspectos que de otra forma no se habrían tenido en cuenta. Consideró importante, por ejemplo, tener en cuenta el espacio libre en la parcela, cosa que desde el principio no había interesado demasiado.

#### 4. Conclusiones

Todo este proceso es una mera ayuda en la labor de diseño. No quiere decir que con ello podamos fabricar edificios con un botón. La parte humana del diseño siempre deberá estar presente, tomando las decisiones adecuadas en todo momento. Debe ser el arquitecto el que se encargue de generar todos esos parámetros necesarios para generar las opciones y ser capaz de una vez filtrados todos los aspectos, adaptar la opción óptima a un diseño propio. Puede que tras el diseño final no se haya tomado exactamente el resultado de los datos obtenidos, deberá ser criterio del propio arquitecto valorar en que medida se produce ese cambio.

Por último se quería recalcar un aspecto importante, el proceso llevado a cabo en este proyecto no tiene por qué ser el idóneo en todo momento. Ha sido el que se ha considerado necesario para conseguir el objetivo deseado, pero no es, ni mucho menos, el único. Cada proyecto presenta unas necesidades concretas y se debe adaptar el proceso de diseño a cada una de ellas.

Por ejemplo, quizá en algún proyecto podría ser interesante llevar a cabo un estudio paramétrico después de tener el diseño del edificio más claro. Podría interesar el presupuesto en función del tipo de materiales empleados o el tipo de habitaciones utilizadas.

Incluso se puede querer emplear este proceso de diseño paramétrico para conseguir edificios más eficientes energéticamente hablando, o con criterios sostenibles. Evidentemente se puede sumar cada uno

de estos aspectos a las exigencias de normativas y del cliente, con el fin de conseguir opciones de diseño aún más interesantes que ofrecer.

No hay que tener miedo a la innovación y a las nuevas tecnologías, hay que analizar cada uno de los aspectos y aprender de los errores, solo así se conseguirá mejorar.

## 5. Referencias

- [1] BUCCI, F. y MULAZZANI, M. (2000). *“Luigi Moretti: works and writings”*. New York: Princeton Architectural Press.
- [2] BURRY, M. (2007). *“Innovative aspects of the Colonia Güell Project”* en *“Gaudi Unseen. Completing the Sagrada Família”*. Berlin: Jovis Verlag GmbH.
- [3] COLOMA, E. (2011). *“Tecnologia BIM per al disseny arquitectònic”*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. <<http://www.tdx.cat/handle/10803/318369>> [Febrero 2018]
- [4] COLOMA, E. y DE MESA, A. (2012). *“La docencia de la representación paramétrica. La representación paramétrica y los procesos no lineales”* en *“EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica”* 19, p. 200-211. València: Universitat Politècnica de València.
- [5] DAVIS, D. (2013). *“A history of parametric”*. <<http://www.danieldavis.com/a-history-of-parametric>> [Enero 2018]
- [6] KENSEK, K. y NOBLE, D (2014). *“Building Information Modeling. BIM in current and future practice”*. New Jersey: Wiley.
- [7] WEISBERG, D. (2008). *“The engineering design revolution. The people, companies and computer systems that changed forever the practice of engineering”*. <<http://www.cadhistory.net>> [Febrero 2018]

## Desarrollo de una herramienta para medir y calificar los modelos BIM basada en el PDRI (Project Definition Rating Index)

Gerodetti-Vargas, Adolfo<sup>a</sup> ; Barco-Moreno, David<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Postgrado de Gestión de Proyectos BIM, Universidad Europea de Valencia, España. [Gerodettiadolfo@gmail.com](mailto:Gerodettiadolfo@gmail.com)

<sup>b</sup>Director de Postgrado de Gestión de Proyectos BIM, Universidad Europea de Valencia, España, [david.barco.arquitecto@gmail.com](mailto:david.barco.arquitecto@gmail.com)

---

### Abstract

*In this paper we propose the adaptation and application of the PDRI tool (Project Definition Rating Index), for the optimization of the audit and review processes in the different stages and uses of the models to obtain a quantitative assessment of the quality of them.*

*The proposed tool is a scalable and adjustable Matrix for each organization, size and type of BIM (Building information Modeling) project, and it calls MCMB \_ BIM MODEL QUALIFICATION MATRIX with the intention of consolidating a BIM Project Auditing methodology and processes*

*When applying the tool we will obtain:*

- Establish a procedure with the quantitative results of the audits.*
- Measure the level of maturity of information management and modelling.*
- Measure and carry out an acknowledgment of the quality of the models and their application capacity for the use that was established.*
- By establishing weighted and quality objective scores, you can next to the model record; establish improvement strategies in modelling and management procedures.*

**Keywords:** Audit, Tool, PDRI, Qualification, BIM, Methodology, Processes

---

### Resumen

*En este trabajo se propone la adaptación y aplicación de la herramienta PDRI (Project Definition Rating Index), para la optimización de procesos de auditoría y revisión en las diferentes etapas y usos de los modelos para obtener una valoración cuantitativa de la calidad de los mismos.*

*La herramienta propuesta es una Matriz escalable y ajustable a cada organización, tamaño y tipo del proyecto de BIM (del ingl. Building information Modeling), y se llama MCMB \_ MATRIZ DE CALIFICACIÓN DE MODELO BIM con intención de consolidar una metodología y procesos de Auditoría de Proyectos BIM*

*Al aplicar la herramienta obtendremos:*

- Establecer un procedimiento con resultados cuantitativos de las auditorías.*
- Medir el nivel de madurez de la gestión de la información y el modelado.*
- Medir y llevar un récord de la calidad de los modelos y su capacidad de aplicación para el uso que se estableció.*
- Al establecer unos ponderados y unas puntuaciones de objetivos de calidad, se puede junto al récord de modelos; establecer estrategias de mejora en los procedimientos de modelado y gestión de los mismos.*

**Palabras clave:** Auditoría, Herramienta, PDRI, Calificación, BIM, Metodología, Procesos

---

## Introducción

En la actualidad existen herramientas para auditar y evaluar el Proyecto, a través de los modelos. Pero existen pocas para auditar y evaluar la calidad de los Modelos, y menos para calificar su calidad, y lograr un seguimiento para la mejora continua.

Esta comunicación presenta un trabajo centrado en la inquietud de lograr medir con mayor precisión y comparar la calidad de los modelos.

El trabajo propone la adaptación y aplicación de la herramienta PDRI (Project Definition Rating Index), del Construcción Industry Institute de la Universidad de Texas, Austin (CII), para la optimización de procesos de auditoria y revisión en las diferentes etapas y usos de los modelos para obtener una valoración cuantitativa de la calidad de los mismos.

Con tanta información, aspectos y elementos de un modelo a lo largo de su ciclo de vida; es importante hacerles seguimiento a los elementos clave para garantizar la calidad, de una manera estructurada y medible.

La herramienta propuesta es una Matriz escalable y ajustable a cada organización, tamaño y tipo del proyecto de VDC/BIM, la cual se denominó MCMB \_ MATRIZ DE CALIFICACIÓN DE MODELO BIM, con intención de consolidar una metodología y procesos de Auditoria de Proyectos BIM o, mejor dicho; el componente BIM de un proyecto de Edificación o Infraestructura.

¿Qué se espera de la utilización de la herramienta?

- Establecer un procedimiento con resultados cuantitativos de las auditorias.
- Medir y llevar un récord de la calidad de los modelos y su capacidad de aplicación para el uso que se estableció.
- Al establecer unos ponderados y unas puntuaciones de objetivos de calidad, se puede junto al récord de modelos; establecer estrategias de mejora en los procedimientos de modelado y gestión de los mismos.
- Se pueden auditar aspectos más allá de solo el modelo, tales como el BEP, Manual de Estilos y Plantillas
- Una lista de terminología de definición de alcance estandarizada.
- Un medio para que los participantes del equipo del proyecto concilien las diferencias utilizando una base común para la evaluación de proyectos.
- Una herramienta que ayuda en la comunicación y la alineación entre propietarios y contratistas de diseño al destacar las áreas mal definidas en un paquete de definición de alcance.

## 1. Project Definition Rating Index (PDRI)

El Project Definition Rating Index (PDRI) es una herramienta que permite medir el grado de definición de los elementos que conforman el alcance de un determinado proyecto, durante la etapa de definición del mismo. Es un instrumento fácil de usar, que identifica y describe cada elemento crítico en la definición del alcance del proyecto, y permite al equipo de trabajo predecir rápidamente aquellos factores que pueden la construcción.

Existen dos versiones del PDRI, uno para proyectos industriales, y el otro para proyectos de edificaciones en general. Ambos fueron desarrollados por el Construcción Industry Institute (CII) en la década de los 90. Sin embargo, la aplicación del PDRI no se limita a lo indicado en estos documentos. De hecho, instituciones como la National Aeronautics and Space Administration (NASA) han tomado esto como base y, con un criterio establecido, le han realizado modificaciones para adaptarlo a sus necesidades particulares (NASA, 2000)

A través de los años, se ha demostrado que el uso adecuado de esta herramienta genera numerosos beneficios, entre los cuales se pueden destacar los siguientes:

- Sirve como una **lista de chequeo** que los integrantes del proyecto pueden usar para determinar los pasos necesarios a seguir para la correcta definición del alcance del mismo.

- Es una **lista estandarizada de términos** para la definición del alcance del proyecto.
- Sirve como un **monitor del progreso** en varias etapas durante el proceso de pre-planificación del proyecto, y enfoca los esfuerzos hacia aquellas áreas de mayor riesgo que requieren un mayor grado de definición.
- Es un efectivo **método de análisis de riesgo**, dado que cada elemento, categoría y sección esta ponderada relativamente con respecto a las otras, en términos de su potencial exposición al riesgo.
- Sirve como una **herramienta de comunicación** entre el dueño y los contratistas, resaltando las áreas pobremente definidas en el alcance del proyecto.
- **Reconcilia** las posibles diferencias entre los participantes del proyecto, estableciendo una base común para la evaluación del mismo.
- Sirve como **herramienta de entrenamiento** para los profesionales y las organizaciones de la industria.

Es una herramienta que facilita el Benchmarking para las organizaciones, evaluando el nivel de definición del proyecto versus el desenvolvimiento de proyectos anteriores, tanto en la misma empresa, como en sus competidores, con el fin de determinar la probabilidad de éxito del proyecto objeto del análisis.

El PDRI está compuesto por 3 grandes secciones, que a su vez se divide en 15 categorías, y estas se subdividen en 70 elementos ponderados de acuerdo a su importancia e impacto en el éxito de un proyecto, sobre una escala de 1000 puntos.

Cada elemento debe ser calificado numéricamente del 0 al 5 con el siguiente criterio:

0 = No Aplicable, 1= Definición completa, 2=Deficiencias Menores, 3=Algunas Deficiencias, 4=Deficiencias Mayores, y 5=Incompleto o pobremente definido.

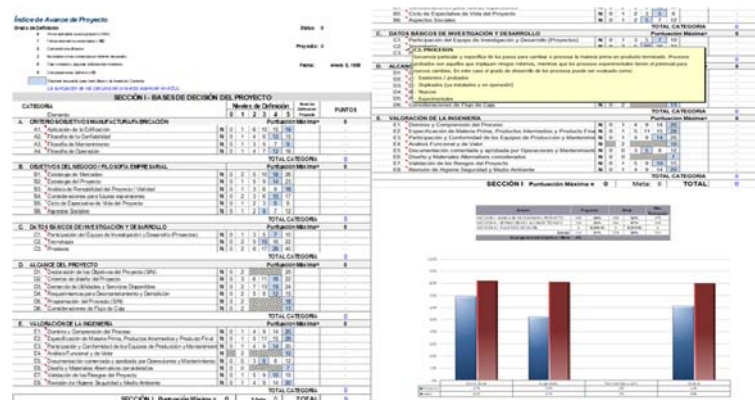


Fig. 01. PDRI Industrial. Sección I y II. Ingeniería Proyectos y Mantenimiento ASLAN. (2013)

Los elementos que están bien definidos reciben el nivel perfecto de definición "1". Los elementos que no están completamente definidos pueden recibir "2", "3", "4", o "5", dependiendo de sus niveles de definición de acuerdo con lo que establezca el equipo. Aquellos elementos que no son aplicables al proyecto objeto del análisis reciben la calificación "0", con lo cual no afectan la puntuación final del proyecto.

Para calificar un elemento en particular, el equipo debe primero leer su definición en la sección correspondiente, para asegurar que se está claro en lo que se quiere evaluar. Algunos de los elementos contienen una lista de factores a considerar para poder asignar el nivel adecuado de definición.

Cada elemento tiene 5 puntuaciones posibles, dependiendo del nivel de definición asignado. Se debe escoger un solo nivel de definición para cada elemento de acuerdo con la percepción del equipo evaluador. Este proceso se repite para cada uno de los 70 elementos que conforman el PDRI, obteniendo calificaciones parciales por categoría, por sección y finalmente, la puntuación final del PDRI para Proyectos de Edificación.

### 1.1. Significado de la puntuación obtenida

Una baja puntuación en el PDRI significa que el paquete de definición del proyecto ha sido bien definido y, por consiguiente, la probabilidad de que el mismo logre o supere los objetivos planteados es alta. En cambio, una alta puntuación indica que cierto elemento del paquete de definición del proyecto no ha sido bien definido, y por tanto; es alta la probabilidad de que el desempeño en el proyecto no sea el más adecuado.

Pero, ¿cuál es el límite que define cuando una puntuación es alta o baja? Estudios realizados por el CII indican una correlación entre altos niveles de desempeño y puntuaciones menores o iguales a 200, y pobres niveles de desempeño en aquellos proyectos con puntuaciones superiores a 200.

La experiencia ha demostrado que uno de los usos más importantes que se la ha dado al PDRI, es el de ayudar a los gerentes de proyectos, coordinadores, planificadores, etc., a organizar y monitorear el progreso del proceso de pre-planificación. De hecho, en muchas ocasiones, el planificador aplica el PDRI, antes de la conformación del equipo de trabajo, con el objeto de identificar las potenciales áreas de riesgo del proyecto.

El uso del PDRI en etapas tempranas puede conllevar a puntuaciones altas, debido a que usualmente es muy poca la información que se dispone en esos momentos. Esto debe verse como normal, y los resultados obtenidos de la aplicación deben usarse como un "mapa" a seguir para atacar las áreas poco definidas del proyecto. De hecho, la efectividad del PDRI aumenta mientras se aplica en las etapas más tempranas del proyecto.

Así mismo, permite alinear al equipo de trabajo en las primeras de cambio, y los ayuda en la organización del trabajo a realizar. Instituciones como la NASA (2000), aplican el PDRI en varias etapas a lo largo del proceso, ya que les proporciona una foto del grado de definición del proyecto para un instante en particular. Se recomienda aplicar el PDRI al menos en dos oportunidades durante el proceso de planificación.

La puntuación del PDRI de un proyecto puede cambiar diariamente, semanalmente etc., incluso puede tener puntuaciones más altas conforme vaya avanzando el proyecto, en el caso de que miembros del equipo se vayan dando cuenta de que algunos elementos no están tan definidos como se había asumido inicialmente. En este caso, lo más importante es la honestidad con las que el equipo asigna los niveles de definición correspondientes.

Algunas empresas piensan que lo más importante no es la puntuación del PDRI como tal, sino más bien el proceso que se lleva a cabo para llegar a tal valor, ya que permite realizar un análisis completo de todos los factores que definen el proyecto.

## 2. Matriz de calificación del modelo BIM. (MCMB)

Para la elaboración de esta primera propuesta de herramienta para la calificación de la definición de los modelos, se tomaron algunos elementos claves de la aplicación y estructura del PDRI, así como la modificación y adaptación de otros para la aplicación en la evaluación de modelos BIM.

La herramienta va acompañada de un procedimiento de definición, calibración y aplicación para obtener mejores resultados.

### 2.1. Qué es la matriz de calificación del modelo BIM. (MCMB)

La matriz de calificación del modelo es una herramienta, que, acompañada de unos procedimientos de aplicación y análisis, nos sirve para medir y calificar el nivel de definición o cumplimiento de estándares de un modelo.

El objetivo es obtener mediante una calificación ponderada del elemento a valorar, un índice, o indicador; para ser utilizada como parte del proceso de auditoría de los modelos. Este Indicador debe estar establecido como una constante de base, para poder luego comparar las mediciones periódicas de los modelos, bajo los mismos criterios.

La estructura de la matriz, en cuanto a los elementos a calificar, es totalmente flexible al uso y tipo de modelo a controlar. Pero se debe mantener esta estructura una vez definida para poder establecer una métrica de control de la calidad de los mismos, en un hito del proyecto, o control de entregables.

En este trabajo se crea una matriz, en una tabla de Excel, la cual vamos alimentando de los datos obtenidos del modelo directamente sobre ella.

## 2.2. Estructura de la matriz de calificación del modelo

La matriz, contiene dos Hojas. Que divide en dos espacios de trabajo a la **MCMB**

La primera hoja es una portada y página de resumen, dividida en tres partes.

### Información del Modelo. (1)

Se encuentran los datos generales del proyecto, el modelo, método de trabajo y responsables. Esta información variara según los datos que quiera la organización controlar con cada análisis, pudiendo incluir incluso un código de documento para su trazabilidad.

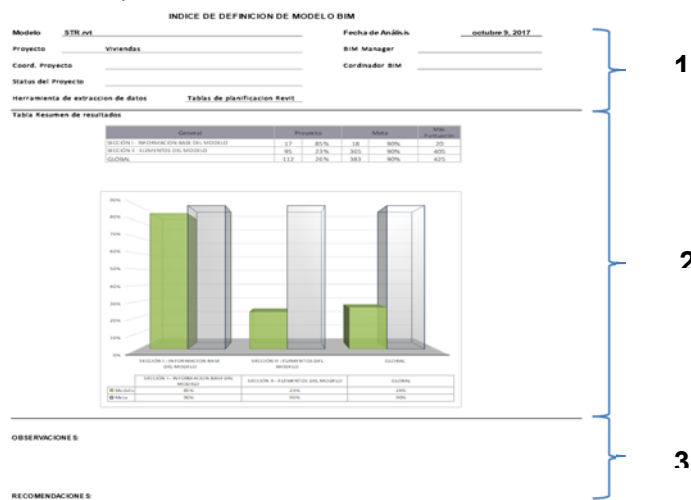


Fig. 02. Portada: Resumen y Gráfica de resultados de la calificación. (2017)

### Tabla resumen de valoraciones y gráfica. (2)

En la Tabla y la gráfica, tenemos el resultado de la tabla de cómputos. Se compara también en esta parte, la meta establecida con lo logrado en la calificación. Estos resultados son los que se archivan para el histórico, y sirven como KPIs.

### Observaciones y recomendaciones. (3)

Es la parte donde se plasman nuestras observaciones en cuanto los resultados de la calificación, resaltando aquellos elementos y/o parámetros que requieren mayor atención, o cualquier anomalía o inconsistencia notable del modelo. En las recomendaciones se establecen las acciones a tomar para los correctivos necesarios y sus responsables. Se puede mencionar en este apartado un listado de acciones y responsables, para anexarla en una hoja nueva a modo de sistema de mejora continua como el PDCA (del ingl. Plan-Do-Check-Act), Planificar-hacer-verificar y actuar.

La segunda hoja, con tres partes también; es la matriz del cómputo de las valoraciones, donde están las secciones, categorías y elementos a valorar.

### Encabezado - Índice del Modelo. (1)

Cuenta con información puntual del modelo y la tabla de calificaciones por nivel de definición. Si bien, esta herramienta conserva muchos de los aspectos y estructura del PDRI, uno de los cambios que se realizaron, fue invertir la lectura de la calificación; donde en el PDRI, se sumaban puntos, a medida que se obtiene menor definición, llevando a obtener una puntuación alta, indicando mayor riesgo de realizar un mal desempeño en



**Construcción:**

Se elabora la matriz siguiendo los patrones bases de su construcción, con los elementos y parámetros a evaluar en nuestra matriz. En este paso es importante definir las formulas y funcionamiento de nuestra matriz, para la obtención de los resultados y la gráfica general. Se deben de probar y analizar, si estos funcionan correctamente y están alineados con los objetivos establecidos en el paso 1. (Definición). Se debe adjuntar notas de comentarios en las celdas del cada elemento, indicando los criterios de su valoración, a modo de guía.

**Extracción:**

Consiste en la revisión y extracción de los datos del modelo a evaluar con nuestra matriz. Este proceso puede darse de varias formas:

Interfaces de usuario del software de modelado o de un visualizador, según sus capacidades y limitaciones

Herramienta para la revisión de modelos. Ejemplo: *Revit Model Review*.

Extracción de los datos a otra base de datos para su clasificación y manipulación posterior. Ejemplo: Revit DBLink.

Algunas evaluaciones del modelo se realizan por procedimientos de auditoria visual.

Lo importante en esta fase es que se siga el orden y precisión establecidos en la matriz

**Análisis:**

Una vez obtenidos los totales de nuestra valoración, en la tabla de resumen y gráfica, se realizan las observaciones y no conformidades pertinentes alineadas con nuestros objetivos y metas, para establecer las recomendaciones y acciones a tomar. De esta fase se deben establecer las estrategias siguientes, para la mejora del modelo, o los procedimientos de modelado.

Una vez que se establezca una matriz para una calificación estandarizada de un tipo de entregable definido, solo se trabaja con los dos últimos pasos del procedimiento; que son la **extracción** y **análisis**, para tener un constante monitoreo de los elementos del modelo(s).

**2.4. Procesos**

En la siguiente grafica de procesos, podemos observar dentro de cada uno de los pasos de aplicación, los procesos que intervienen para la realización de una valoración de un modelo con la herramienta **MCMB**.

**2.5. Prueba**

Para efectos de este trabajo se realizó una matriz para un modelo de Revit, de un proyecto en curso de modelado de estructura de una edificación de uso residencial, en la fase de proyecto de ejecución. Los usos de este modelo fueron la de comprobación de geometría para detectar posibles colisiones con las otras disciplinas y la de obtención de mediciones finales para la Licitación y ejecución. Por razones de confidencialidad, hay datos del modelo y el proyecto que serán resguardados.

El Alcance del trabajo de modelado consta del modelado de la estructura bajo los estándares del cliente.

Arquitectura genera un modelo básico de estructura (\*.rvt); el cual se utiliza para hacer los cálculos de la estructura definitiva por parte de la ingeniería; luego este modelo base se actualiza con los resultados de los cálculos, mediante una modelo IFC de referencia y documentación 2D.

Esta actualización es realmente el trabajo del encargo sobre el modelo, incluyendo el modelado de categorías no realizadas previamente, como cimentaciones y vigas.

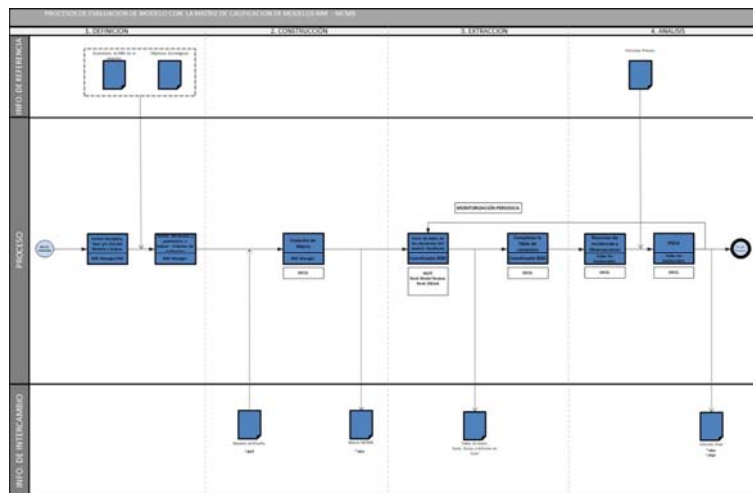


Fig. 04 Procesos para la aplicación de la MCMB. Diseño propio. (2017)

Al revisar el modelo recibido de arquitectura, y los estándares del cliente, se logró comprobar de forma general, que las familias no cumplían con los criterios de modelado y parámetros establecidos. Esta fue, sin duda; la oportunidad para aplicar por primera vez la herramienta para la evaluación y valoración del nivel de definición que tenía este modelo en relación con el requerido.

Esto supone un retrabajo al tener que actualizar las familias y chequear que estas cumplan con el estándar. La valoración de esta condición del modelo ayuda a determinar también si es posible corregirla antes en fases previas para futuros proyectos, para evitar este retrabajo, o intentar cuantificar y considerar esta nueva actividad en el la fase actual.

Para ilustrar el modo de aplicación de la herramienta, se resume y presenta en sus 4 pasos:

#### Paso Definición:

La Matriz de evaluación va a contener solo los elementos que se modelaron, previamente definidos en el BEP, y los parámetros que deben cumplir establecidos en el Estándar del dueño y consumidor final del Producto.

Partiendo de la diferencia entre las familias actuales del modelo en cuanto a parámetros y estrategia de modelado, se consideraron esto para la matriz. Primero se crearon dos Secciones:

Sección I- Información general del Modelo.

Sección II - Elementos del Modelo.

Para la sección II se consideró varios criterios de modelado en cada categoría y los parámetros establecidos por el estándar del cliente.

En la siguiente tabla de propiedades, se pueden observar los parámetros que tienen que contener las familias de Pilares Estructurales. Cada Categoría tenía sus parámetros establecidos.

En esta prueba no se establecieron ponderados sobre las puntuaciones base de cada elemento. Se restringieron algunos valores para forzar las puntuaciones a valores de mayor peso, o en casos donde solo aplica el cumplimiento del parámetro.

Se establece una meta en % de cumplimiento de requisitos de definición, donde se puede considerar una meta menor al 100 % de la puntuación máxima permitida. Esto con la razón de que, en alguna fase del proyecto, o al inicio del modelado, es muy difícil contar con el 100% de la calificación máxima, por lo que se puede establecer una meta menor, para considerar que el modelo está dentro de lo "normal".

A modo de prueba se estableció un mayor peso a las estrategias de modelado, entendiendo que son operaciones que generalmente llevan más tiempo que la actualización de algún parámetro; el cual se puede realizar por tablas o alguna herramienta plugin.

**Paso 2 Construcción:**

Para la restricción de los valores de la puntuación, se marcan las celdas que no aplican al argumento de valoración.

**Índice de Definición del Modelo**  
 Grado de Definición: 0  
 0 No es aplicable a este aspecto (NA)  
 1 Falta información esencial o BD  
 2 Generalmente insuficiente  
 3 Información más consistente al mismo estándar  
 4 Con conceptos, algunas definiciones esenciales  
 5 Completamente Definido o SI  
 \*Indicador requerido para nivel máximo de desarrollo constructivo  
 La puntuación de los criterios del proyecto aparecen en A/LB  
 Status: 0  
 Proyecto: STRExt  
 Fecha: octubre 9, 2017  
 Valor no admitido para evaluación

SECCIÓN I - INFORMACION BASE DEL MODELO									
CATEGORIA	Elemento/Parámetro	Niveles de Definición					PUNTOS		
		0	1	2	3	4	5		
A.	Información del Proyecto/Modelo	Puntuación Máxima =					20		
A1.	Version de la Planilla	S	0	1	2	3	4	5	5
A2.	Especificaciones BIM	S	0	1	2	3	4	5	5
A3.	Parámetros Compartidos	S	0	1	2	3	4	5	4
A4.	Código de Montaje	S	0	1	2	3	4	5	3
<b>TOTAL CATEGORIA</b>						<b>17</b>			
<b>SECCIÓN I Puntuación Máxima = 20</b>						<b>Meta: 18</b>	<b>TOTAL 17</b>		
SECCIÓN II - ELEMENTOS DEL MODELO									
CATEGORIA	Elemento	Niveles de Definición					PUNTOS		
		0	1	2	3	4	5		
B.	Armazón estructural: vigas	Puntuación Máxima =					55		
B1.	Modelado	S	0	1	2	3	4	5	3
B2.	Categoría	S	0	1	2	3	4	5	5
B3.	Código tipo	S	0	1	2	3	4	5	1
B4.	Código/elemento	S	0	1	2	3	4	5	1
B5.	Uso/funcional	S	0	1	2	3	4	5	1
B6.	Descripción	S	0	1	2	3	4	5	1
B7.	Resistencia fuego	S	0	1	2	3	4	5	1
B8.	Material	S	0	1	2	3	4	5	1
B9.	Código de Montaje	S	0	1	2	3	4	5	1
B10.	Dimensiones	S	0	1	2	3	4	5	1
<b>TOTAL CATEGORIA</b>						<b>16</b>			
C.	Cimentación estructural: zapatas	Puntuación Máxima =					50		
C1.	Modelado	S	0	1	2	3	4	5	1
C2.	Categoría	S	0	1	2	3	4	5	1
C3.	Código tipo	S	0	1	2	3	4	5	1
C4.	Código/elemento	S	0	1	2	3	4	5	1
C5.	Uso/funcional	S	0	1	2	3	4	5	1
C6.	Descripción	S	0	1	2	3	4	5	1
C7.	Resistencia fuego	S	0	1	2	3	4	5	1
C8.	Material	S	0	1	2	3	4	5	1
C9.	Código de Montaje	S	0	1	2	3	4	5	1
C11.	Dimensiones	S	0	1	2	3	4	5	1
<b>TOTAL CATEGORIA</b>						<b>10</b>			
H.	Pilares (estructurales)	Puntuación Máxima =					50		
H1.	Modelado	S	0	1	2	3	4	5	3
H2.	Categoría	S	0	1	2	3	4	5	5
H3.	Código tipo	S	0	1	2	3	4	5	1
H4.	Código/elemento	S	0	1	2	3	4	5	1
H5.	Uso/funcional	S	0	1	2	3	4	5	1
H6.	Descripción	S	0	1	2	3	4	5	1
H7.	Resistencia fuego	S	0	1	2	3	4	5	1
H8.	Material	S	0	1	2	3	4	5	1
H9.	Código de Montaje	S	0	1	2	3	4	5	1
H10.	Dimensiones	S	0	1	2	3	4	5	1
<b>TOTAL CATEGORIA</b>						<b>16</b>			
I.	Suelos (estructurales)	Puntuación Máxima =					50		
I1.	Modelado	S	0	1	2	3	4	5	5
I2.	Categoría	S	0	1	2	3	4	5	5
I3.	Código tipo	S	0	1	2	3	4	5	1
I4.	Código/elemento	S	0	1	2	3	4	5	1
I5.	Uso/funcional	S	0	1	2	3	4	5	1
I6.	Descripción	S	0	1	2	3	4	5	1
I7.	Resistencia fuego	S	0	1	2	3	4	5	1
I8.	Material	S	0	1	2	3	4	5	1
I9.	Código de Montaje	S	0	1	2	3	4	5	1
I10.	Dimensiones	S	0	1	2	3	4	5	5
<b>TOTAL CATEGORIA</b>						<b>22</b>			
<b>SECCIÓN II Puntuación Máxima = 405</b>						<b>Meta: 365</b>	<b>TOTAL 95</b>		
<b>TOTAL BMDRI PROYECTO - SECCIONES I+II =</b>						<b>112</b>			
<b>BMDRI META Puntuación =</b>						<b>340</b>			
<b>BMDRI Puntuación Máxima =</b>						<b>425</b>			

Fig. 05. Tabla resumida de parámetros de prueba para la aplicación de la MCMB. Diseño propio. (2017)

Se elaboraron en la sección II una categoría (de la matriz) por cada una de las categorías de elementos estructurales acordados a actualizar y modelar. Se puede mirar la matriz completa en los anexos.

**Paso 3 Extracción:**

Para la valoración del modelo, se realizó una inspección visual y de manipulación de las categorías modeladas, para valorar su criterio. De los cuales podemos destacar, que el modelado de los pilares no estaba elaborado por niveles. Esto genera una baja puntuación en su calificación. Este criterio se chequeo por una *tabla grafica de planificación de pilares*.

Para la revisión de los parámetros, se comprobaron de dos maneras;

Por ejemplar, al revisar sus parámetros de tipo, y por tablas de pilares.

La familia de pilar tampoco cumplía con todos los parámetros del estándar. Generando la siguiente calificación general por categoría Pilar Estructural.

De la puntuación máxima de 50, la categoría de pilares solo llega a alcanzar 16.

Es importante a la hora de calificar, establecer también los criterios de generalización de los elementos, y entender que algunos no cumplen ninguna norma, y otros sí.

Es valorable también, realizar la auditoria y toma de datos del modelo, de la mano de la tabla de cómputos, manteniendo el orden y criterios de su definición, para garantizar un proceso replicable, para el control periódico del modelo bajo las mismas condiciones.

**Paso Análisis:**

Una vez realizada la toma de datos y completado de la tabla de cómputo, el resumen de la calificación y la gráfica se completan para darnos un resultado. El resultado de esta prueba se muestra a continuación en la siguiente ilustración.



Fig. 06. Portada MCMB Tabla y gráfica Final de Calificación. Diseño propio. (2017)

Podemos observar que en la Sección I – Información base del Modelo, se cumple con el 85% del 90 % establecido como meta. Pero la Sección II – Elementos del Modelo, solo alcanzo un 23 % de la meta del 90 %. Danto un total del 26 % de la meta total del 90%.

De esto podemos comentar varias cosas:

- 1.- La alta puntuación de los datos generales del proyecto, confirman que la plantilla, como archivo de modelo, es la correcta; pero por la baja puntuación de la definición de las categorías de las familias, denota una inconsistencia en la misma, ya que no cumplen con el estándar.
- 2.- Esto supone una inversión de tiempo extra en la actualización del modelo, donde solo se debería actualizar los tipos de elementos estructurales, y no ubicar las familias adecuadas; o agregarle los parámetros adecuados.

Recomendaciones / Acciones a tomar:

- 1.-Establecer una estrategia para la actualización de las familias, o de la modificación de los parámetros de las actuales. Revisar herramientas y plugin para dicha tarea.
- 2.-Para los próximos trabajos recomendar modelar la estructura con los criterios adecuados desde el principio y con las familias indicadas en el manual de Especificación BIM.
- 3.-Realizar otra evaluación del modelo antes de entregar, para comparar las calidades.

4.-Establecer un procedimiento de automatización de la toma de datos con el Revit Model Review. Esta aplicación tiene la posibilidad de generar normas, con listas de parámetros y elementos a comparar contra una base establecida; incluso con la posibilidad de corregir o reemplazar los parámetros que no cumplen.

### 3. Conclusiones

Del presente trabajo, podemos concluir:

1.- Esta demostrado que con la correcta aplicación de la herramienta **MCMB**, principalmente en su primer paso de definición, con la participación de los principales implicados, no solo se logra una clara identificación de los factores determinantes, con su peso relativo; del éxito de un buen modelado, sino que también se obtiene una métrica para su control de calidad; que de estar alineado a un objetivo estratégico; se convierte en los perfectos indicadores claves del desempeño, o **KPIs** (del ingl. key performance indicator) de los modelos.

2.- El campo de la auditoria de modelos y control de calidad de estos es muy amplia y está en pleno desarrollo. Se deben establecer protocolos y procedimientos confiables para garantizar la calidad de los mismos. Por ello se busca con esta herramienta crear un punto de partida para estructurar una serie de procesos y procedimientos de la mano de los adelantos tecnológicos para mejorar nuestro desempeño en los proyectos BIM.

3.- Se puede establecer la herramienta como un servicio o producto bien definido, tanto para auditorías internas como externas de las organizaciones.

4.- La herramienta tiene el potencial de evolucionar a una aplicación informática, para optimizar su operabilidad, con la posibilidad de comercialización. Es cuestión de estudiar el modelo del negocio y las plataformas tecnológicas potenciales para su desarrollo y aplicación.

#### 3.1. Nuevas líneas de investigación

El Tema desarrollado en este trabajo, es solo una pequeña muestra del potencial que tiene la aplicación de este criterio de evaluación, en la gestión y control de la calidad de los modelos.

De algunas nuevas vías de investigación que podemos enumerar las siguientes:

##### *Evolución y madurez de la herramienta.*

Esta más que claro que este trabajo es la primera aproximación de este concepto, por lo cual su constante aplicación y continuo estudio para mejoras, dará como resultado una herramienta evolucionada y con una madurez suficiente como para convertirse en un estándar en el control de la calidad de los modelos.

##### *Desarrollo de Software de aplicación*

La herramienta tiene todo el potencial para el desarrollo de una aplicación de escritorio, plugin o en la nube, para realizar la toma y análisis de los datos de los modelos para su evaluación.

##### *Variaciones de la Matriz*

Así como la evolución y madurez de la herramienta en el área de la valoración de los modelos, estas matrices, también puede contener en sus secciones y categorías, por mencionar unos ejemplos; los aspectos más relevantes, o el índice completo de un plan de implementación o un BEP. De esta manera, podemos también valorar la calidad de estos planes y sus consideraciones, para que encaje en un estándar de trabajo y su cumplimiento; así como el control de la evolución de estos.

#### **4. Bibliografía y Referencias**

CASTILLO GUTIÉRREZ, J. G. (Enero de 2008). "Desarrollo de una herramienta para medir el grado de definición de ofertas de ingeniería, procura y construcción (IPC) en una empresa consultora, basada en el

PDRI para proyectos industriales". Trabajo de ascenso. Caracas, Venezuela: Universidad Católica Andrés Bello. [http://w2.ucab.edu.ve/tesis-digitalizadas2/ths\\_type/trabajo-de-ascenso/ths\\_year/2008.html](http://w2.ucab.edu.ve/tesis-digitalizadas2/ths_type/trabajo-de-ascenso/ths_year/2008.html)

CHO, C.-S., & GIBSON JR, G. E. (2001). "Building project scope definition using project definition". *Journal of Architectural Engineering*, 115-125. [ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/%28ASCE%291076-0431%282001%297%3A4%28115%29](http://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/%28ASCE%291076-0431%282001%297%3A4%28115%29)

NASA Pre-Project Planning Team. (2000). "PDRI Project Definition Rating Index Use on NASA Facilities". <https://www.hq.nasa.gov/office/codej/codejx/Assets/Docs/ProjectDefinitionRatingIndex.pdf>

SUCCAR, B. (2017). BIME Initiative. Obtenido de Matriz de Madurez BIM: <http://bimexcellence.org/resources/300series/301in/>

## Análisis de los software BIM utilizados en los proyectos de edificación presentados al concurso BIM Valladolid

**Bellido-Montesinos, Pablo<sup>a</sup>; Lozano-Galant, Fidel<sup>b</sup>, Castilla-Pascual, Francisco Javier<sup>c</sup>, Lozano-Galant, Jose Antonio<sup>d</sup>**

<sup>a</sup>Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos – Tecyrsa, Madrid, [pbellido@tecyrsa.com](mailto:pbellido@tecyrsa.com), <sup>b</sup>Máster BIM y Arquitecto- GmasP, Valencia, [flozano@gmasp.es](mailto:flozano@gmasp.es), <sup>c</sup>Doctor Arquitecto – Universidad de Castilla-La Mancha, Departamento de Ingeniería Civil y la Edificación, [fcojavier.castilla@uclm.es](mailto:fcojavier.castilla@uclm.es), <sup>d</sup>Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos – Universidad de Castilla-La Mancha, Departamento de Ingeniería Civil y la Edificación, [joseantonio.lozano@uclm.es](mailto:joseantonio.lozano@uclm.es).

---

### Abstract

*One of the most effective ways to encourage the use of new approaches like BIM consists on applying Project Based Learning (PBL). According to this methodology, teams might gain knowledge and skills by solving a realistic challenge, that is to say, they learn by doing. In this way, team members can experiment and investigate by themselves. BIM contests stands as one of the most encouraging PBL activities. This format has the additional advantage that all teams work on the same problem, what eases the comparison of the results. In this sense, the analysis of the proposed Building Execution Plan (BEPs) provides useful insights about the know-how of the different designs. Despite the interest and usefulness of these results, no comparisons of similar BIM work flows have been carried out. To solve this gap, this paper analyzes, for the first time, the BEPs of the BIM projects presented in the different calls of the international contest BIM Valladolid. This analysis provides a useful insight about the most common software in each discipline. The evolution of the software of teams throughout time, as well as the information flows between the modeling and the structural analysis software of the proposals are also presented.*

**Keywords:** BIM, BEP, contest, software, analysis

---

### Resumen

*Una de las formas más efectivas de fomentar el uso de nuevos enfoques como el BIM consiste en aplicar el Aprendizaje Basado en Proyectos (PBL). Según esta metodología, los equipos desarrollan sus conocimientos y habilidades resolviendo un problema real, es decir, aprenden haciendo, experimentando e investigando por sí mismos. Una de las actividades PBL más motivadoras es la participación en concursos BIM. Este formato tiene la ventaja adicional de que todos los equipos trabajan en el mismo problema, lo que facilita la comparación de los resultados. En este sentido, el análisis de los BIM Execution Plans (BEPs) propuestos proporciona información útil de cómo se han realizado los diferentes diseños. A pesar del interés y la utilidad de estos resultados, no se han llevado a cabo comparaciones de las metodologías de trabajo utilizadas por los diferentes equipos presentados. Para resolver este problema, este trabajo analiza los BEPs de los proyectos presentados en las ediciones del concurso internacional BIM Valladolid. Este análisis muestra los software más utilizados en cada disciplina. También se presenta la evolución del software utilizado por los equipos en las diferentes ediciones, así como los flujos de información entre los software de modelado y análisis estructural de las propuestas.*

**Palabras clave:** BIM, BEP, concurso, software, análisis

---

## **Introducción**

Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativo para gestionar digitalmente datos esenciales del proyecto de una estructura a lo largo de su ciclo de vida (Penttilä 2006). Gracias a las ventajas económicas y técnicas que ofrece el BIM, cada vez un mayor número de países están imponiendo o fomentando su uso en proyectos públicos (Liu et al., 2015).

En estos últimos años, el progresivo desarrollo de hardware ha propiciado un creciente interés por la metodología BIM. Sin embargo, aún existen problemas tecnológicos que dificultan la implementación del BIM en un sector tan multidisciplinar como el de la construcción. Entre estos problemas destaca el desarrollo de flujos de trabajo adecuados, que permitan una óptima comunicación e interacción entre los agentes del proyecto. Estos flujos de trabajo dependen, en gran medida, de la capacidad de transferir adecuadamente la información entre las distintas disciplinas, es decir, de un software a otro.

Según numerosos investigadores (ver, por ejemplo, Sacks y Barak 2010 y Becerick et al., 2010), la formación en BIM son esenciales para impulsar no solo la implementación de esta metodología, sino también la evolución de la industria de la construcción. Esta formación debe abarcar tanto los fundamentos metodológicos del BIM como el desarrollo de nuevas habilidades y conocimientos técnicos. En los últimos años, se han llevado a cabo numerosas iniciativas para introducir el BIM en los diferentes sectores de la industria de la construcción. Algunos ejemplos de estas actividades son: encuestas, conferencias y seminarios en foros técnicos, estudios de casos (por ejemplo, Barlish y Sullivan 2012), así como manuales de estandarización o implementación (por ejemplo, Eastman et al., 2011).

Una de las formas más efectivas para fomentar el uso de nuevas metodologías como el BIM, consiste en aplicar el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) (Wu y Hyatt 2016). De acuerdo con esta metodología, los aprendices, organizados en equipos de trabajo, pueden desarrollar sus conocimientos y habilidades resolviendo un desafío realista. Es decir, aprenden haciendo (López-Querol et al., 2015). De esta manera, los miembros del equipo pueden tomar un descanso de sus proyectos diarios para experimentar e investigar sin restricciones y ni fechas límite. Algunas de las actividades más comunes basadas en la metodología ABP son: (1) Premios BIM, donde las empresas y/o grupos de profesionales pueden presentar modelos BIM realizados con software como Autodesk (2017) o Tekla (2017). Por lo general, este tipo de desafíos es completamente abierto, por lo que, los equipos tienden a enviar trabajos realizados con anterioridad para otros proyectos. Por este motivo las propuestas son totalmente diferentes, lo que dificulta su comparación. (2) Concursos BIM, donde se propone la resolución de un desafío (como el diseño de un edificio (BIM Valladolid (BIMTecnica 2018)), Concurso de Diseño de Refugios temporales para Catástrofes (Phillipp 2015), el diseño de un proceso de construcción (Passive House 2016), o la urbanización de un espacio urbano (BIM Concours 2016)) utilizando metodología BIM. El formato de este tipo de actividades presenta la ventaja adicional de potenciar la experimentación de los grupos de trabajo. Por ejemplo, en la mayoría de los concursos se valora positivamente que los equipos sean capaces de resolver problemas de interoperabilidad entre software de diferentes compañías. Otra ventaja de este modelo de concurso es que todos los equipos trabajan sobre el mismo problema, lo que facilita tanto el análisis de las propuestas como su comparación. En este sentido, el análisis de los BIM Execution Plan (BEP) podría servir para obtener numerosa información referente a los software o los flujos de información más utilizados en cada disciplina.

A pesar del interés y la utilidad de este tipo de resultados, no se ha llevado a cabo ningún análisis de los resultados de las propuestas enviadas a un concurso internacional BIM. Para suplir esta carencia en la literatura, este trabajo analiza, por primera vez, los BEPs de todos los proyectos presentados en tres ediciones (2014, 2015 y 2016) del concurso internacional BIM (concurso BIMValladolid en España). Este análisis proporciona información útil sobre el software utilizado en las principales disciplinas (Arquitectura, Estructuras, Análisis Energético, Mediciones y presupuestos, Planificación y Gestión de costes), así como los flujos de trabajo de información más comunes. Analizar distintas ediciones ha permitido mostrar cómo la metodología BIM se ha instalado progresivamente en las rutinas de trabajo de los profesionales del sector.

El documento está organizado de la siguiente forma: la Sección 2 describe el contexto y los objetivos del concurso BIM Valladolid. También se revisan los desafíos y los premios propuestos en las tres ediciones

analizadas (2014, 2015 y 2016). La Sección 3 analiza el software utilizado en las principales disciplinas (específicamente Arquitectura, Análisis estructural, Eficiencia energética, Mediciones y presupuestos). Esta sección también revisa los flujos de información entre las disciplinas de Arquitectura y Análisis Estructural. Finalmente, en la Sección 4 se presentan las conclusiones.

## 1. Concurso BIM Valladolid

El BIM Valladolid (BIMVa) es un concurso internacional que se celebra anualmente en la ciudad de Valladolid, con la colaboración del Excmo. Ayuntamiento de Valladolid, la Junta de Castilla y León y los colegios profesionales de Arquitectos y Arquitectos Técnicos de Castilla y León. Este concurso fue creado por un grupo de profesionales del sector de la construcción con el objetivo de promover el uso y la implementación de la metodología BIM en el diseño y gestión de proyectos arquitectónicos. Para ello, en cada edición se plantea un caso real de estudio a resolver por equipos con metodología BIM. A diferencia de otras competiciones, el jurado valora especialmente la experimentación en la interoperabilidad entre software. Desde su creación en 2014, han participado un total de 34 equipos constituidos por participantes de diferentes países (como son España, Italia, Alemania, Reino Unido y Panamá). El número de integrantes de cada equipo varía desde los 5 hasta los 25 miembros por equipo.

El concurso BIMVa se enmarca dentro del Congreso Internacional BIMtecnica (2017), celebrado también anualmente en Valladolid. Los principales objetivos de este congreso son: (1) Evaluar el grado de madurez del uso del BIM en España. (2) Permitir que los profesionales con menos experiencia, especialmente los jóvenes, participen en talleres y seminarios web para conocer las herramientas BIM. (3) Mostrar el estado del arte actual en la implementación del BIM en el sector de la construcción. Es en este punto donde se enmarca el concurso BIMVa.

A continuación, se describen las principales características de las tres ediciones del concurso analizadas (2014, 2015 y 2016).

### 1.1. Evolución de los retos propuestos en las distintas ediciones del BIMVa

El reto propuesto en cada una de las ediciones del concurso BIMVa ha ido evolucionando a lo largo de las diferentes ediciones. Su primera edición fue en 2014. En este desafío, los equipos tuvieron que diseñar un centro cívico ubicado en el barrio de La Victoria en Valladolid (España). El proyecto de partida es diseño del arquitecto español Pablo Gigosos y cuenta con una superficie construida de 2854 m<sup>2</sup>. Los equipos tenían libertad para mejorar ligeramente el diseño inicial, modificando la composición del edificio y los materiales de su fachada. Sin embargo, tenían que respetar las características funcionales. Todos los equipos recibieron un archivo \*.DWG con el diseño inicial del edificio. Este archivo incluía los planos en planta, los alzados y las secciones necesarias para definir el edificio propuesto. También se les entregó una breve memoria descriptiva y la descripción de los entregables. Para preparar el concurso, los equipos pudieron asistir a una serie de seminarios web gratuitos, y dispusieron también de licencias temporales de los siguientes softwares: Presto, Aconex, Solibri y Lumion. Para elaborar sus propuestas, los equipos contaban con 100 horas ininterrumpidas. Estas propuestas debían presentar los modelos desarrollados en IFC, una memoria que incluyera la explicación de los cálculos y análisis realizados, así como los BEPs. Los premios incluyeron dinero en metálico (2000 €, 1000 € y 600 €, para los tres primeros equipos), así como licencias permanentes de los software patrocinadores (Lumion). El ganador de esta edición fue el equipo Total BIM Consulting en el diseño presentado en la Figura 1.

En 2015, nuevamente se retó a los equipos a trabajar con un centro cívico. La principal diferencia con la edición anterior fue que en esta ocasión el edificio ya estaba construido. Por esa razón, el enfoque fue ligeramente diferente, ya que los equipos deberían centrarse en desarrollar un sistema de gestión para el edificio. La estructura propuesta tenía una superficie construida de 2000 m<sup>2</sup> y estaba ubicada en el barrio de Parquesol en Valladolid. Los equipos recibieron la misma información y debían presentar los mismos entregables que en la edición anterior. El tiempo de trabajo fue de nuevo 100 horas ininterrumpidas. Los

premios también fueron similares a la edición anterior, aunque los premios en metálico se incrementaron a 3000 €, 2000 € y 1000 €, respectivamente. Además, Knauf Company ofreció un premio adicional de 500 € para el equipo que mejor uso hiciera de sus productos. El ganador de la edición de 2015 fue el equipo BIM Levante con el diseño presentado en la Figura 2.



Figura 1: Vista de la propuesta ganadora en el BIMVA 2014 (Equipo Total BIM Consulting)



Figura 2: Vista de la propuesta presentada por el equipo ganador en el BIMVA 2015 (Equipo BIM Levante)

En 2016, el reto propuesto cambió significativamente con respecto a las ediciones anteriores. En primer lugar, en esta edición se planteó un centro de salud en vez de un centro cívico. En segundo lugar, no se propuso ningún diseño arquitectónico de partida, al recibir únicamente el programa funcional del edificio. Como consecuencia los equipos empezaron sus propuestas esbozando un diseño arquitectónico. Los entregables fueron similares a los exigidos en ediciones anteriores, pero en esta ocasión, el tiempo se extendió a 150 horas ininterrumpidas. En esta edición, se añade como novedad la propuesta de firmar un contrato con el equipo ganador para materializar el proyecto real del edificio empleando metodología BIM. Los premios fueron los mismos que en la edición 2015 del concurso. El ganador del mismo, fue el equipo de la UPC School con el diseño presentado en la Figura 3.

## 2. Análisis de las propuestas presentadas en el BIMVa

Para estudiar las propuestas presentadas en las tres ediciones (2014, 2015 y 2016) del concurso BIMVa, se analizaron los BEPs presentados por los diferentes equipos. Esta información fue proporcionada por la dirección del BIMVa y se completó con consultas puntuales a los miembros de los diferentes equipos por correo electrónico.

En esta sección se analiza: (1) Software por disciplinas: Este análisis permite la identificación y evolución en el uso de las diferentes herramientas BIM utilizadas en cada disciplina. (2) Flujo de información entre disciplinas: Este estudio analiza el flujo de información entre las disciplinas de todos los equipos participantes. Para mostrar los resultados, únicamente se presenta el intercambio de información entre las disciplinas de Arquitectura y Análisis Estructural.

## 2.1. Software por disciplinas

En esta sección se estudian los software utilizados en las siguientes disciplinas: (1) Arquitectura: Creación de la geometría del edificio e introducción de los elementos arquitectónicos. (2) Análisis estructural: Análisis del comportamiento de los elementos estructurales. (3) Eficiencia energética: Análisis del comportamiento energético del edificio y de sus elementos. (4) Mediciones y Presupuesto: Estudio de las mediciones y la estimación del coste de las unidades del proyecto. (5) Planificación y gestión de costes:

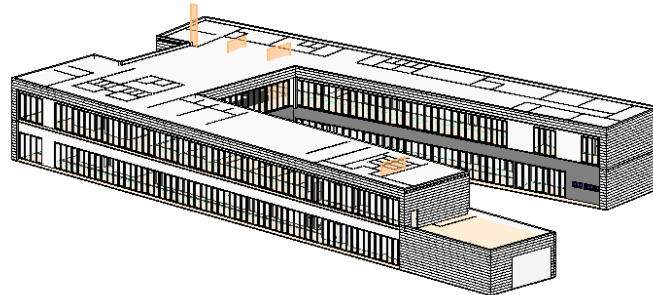


Figura 3: Vista de la propuesta del equipo ganador en el BIMVa 2016 (Equipo UPC School)

En las siguientes figuras (4-8) se representa el porcentaje de software usado en las tres ediciones del concurso para cada una de las disciplinas. En estas figuras, los porcentajes por año se han obtenido dividiendo el número de equipos que utilizaron el software ese año por el sumatorio de todos los software utilizados ese año en la disciplina.

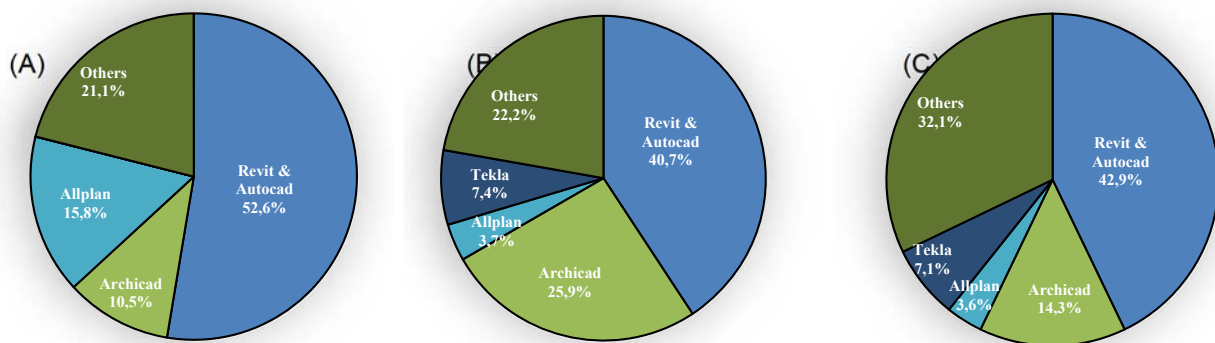


Figure 4: Percentage de software usado en la disciplina de Arquitectura en los años 2014 (A), 2015 (B) y 2016 (C)

La Figura 4 analiza el software usado en Arquitectura en 2014 (Figura 4.A), 2015 (Figura 4.B) y 2016 (Figura 4.C). El análisis de esta figura ilustra que Autodesk (Revit y Autocad) es el software más común en esta disciplina. La combinación de ambos software muestra también cómo los profesionales usan su experiencia previa (Autocad) para evolucionar secuencialmente hacia la metodología BIM (Revit). De hecho, a través de las tres de las ediciones del concurso, el uso de Autocad se ha ido reduciendo en la medida que aumentaba el uso de Revit. El porcentaje de uso del software de Autodesk se ha reducido del 52.6% en 2014 al 42.9% en 2016. Esta tendencia se explica por el aumento del número de software utilizado en las diferentes ediciones, pasando de 6 (Revit y Autocad, Aecosim, Allplan, Archicad, Building Design y Skechup) en 2014 a 10 (Revit y Autocad, Aecosim, Allplan, Archicad, Sketchup, Building design, Grasshopper, Dynamo y Rinocheros) en 2016. El segundo software de arquitectura más usado es Archicad. Este software ha pasado del 10.5% en 2014 al 14.3% en 2016.

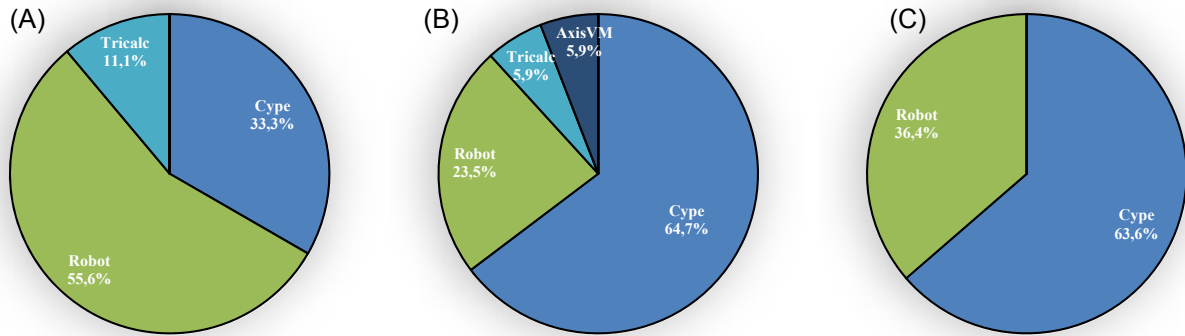


Figure 5: Porcentaje de software usado en la disciplina de Análisis de estructura en los años 2014 (A), 2015 (B) y 2016 (C)

La Figura 5 analiza el software usado en Análisis Estructural en 2014 (Figura 5.A), 2015 (Figura 5.B) y 2016 (Figura 5.C). Esta figura ilustra cómo el número de software utilizado en esta disciplina es significativamente más bajo que en Arquitectura. De hecho, en las tres ediciones únicamente se han utilizado 4 programas (Tricalc, Robot, Cype y Axis VM). Entre estos programas, el más usado es Cype, con un porcentaje de uso que va del 33.3% en 2014 al 67.7% en 2015. El uso de este software ilustra la popularidad y consolidación de este software en el mercado español. Segundo software más popular es Robot., cuyo uso ha disminuido del 55.6% en 2014 al 36.4% en 2016. La Figura 5 también muestra una tendencia a reducir el número de software utilizado en ediciones sucesivas del concurso. De hecho, en la última edición, los equipos utilizaron solo dos software, Cype (63.3%) y Robot (36.4%). Este hecho se puede explicar por la versatilidad del software para realizar simulaciones estructurales y planos de ejecución y exportar las mediciones de los elementos estructurales analizados.

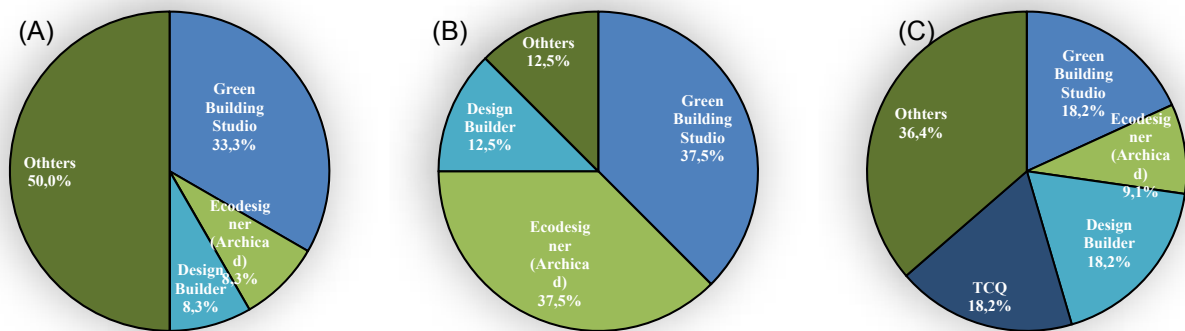


Figure 6: Porcentaje de software usado en la disciplina de Eficiencia Energética en los años 2014 (A), 2015 (B) y 2016 (C)

La Figura 6 analiza el software usado en Eficiencia Energética en 2014 (Figura 6.A), 2015 (Figura 6.B) y 2016 (Figura 6.C). Más allá del uso de las herramientas de análisis de eficiencia energética asociadas a los principales softwares de arquitectura (REVIT-GBS y ARCHICAD-Eco), Designbuilder es la herramienta especializada más usada para esta tarea. En 2014 y 2015 su porcentaje de uso es más bajo que las demás, pero en 2016, los porcentajes se equiparan, GBS (18.2%), Designbuilder (18.2%), TCQ (18.2%) y Ecodesigner (9.1%). Las otras herramientas utilizadas en 2014 son Allplan y Vasari, la primera ha desaparecido (como se muestra en la Figura 6) entre las herramientas de diseño arquitectónico preferidas, y Vasari ya no es una opción comercial, ya que se integró en el paquete de Autodesk. Por otro lado, las herramientas oficiales de certificación energética como HULC se han ido introduciendo cada vez más en el flujo de trabajo de análisis de eficiencia energética, especialmente en 2016, ya que este concepto está tomando cada vez más relevancia en el contexto del sector de la construcción. Finalmente, la aparición de TCQ está ligada a la tarea específica de evaluar el consumo de energía durante el proceso de construcción, que también es un concepto más reciente y tiene el principal objetivo de buscar una mayor sostenibilidad ambiental.

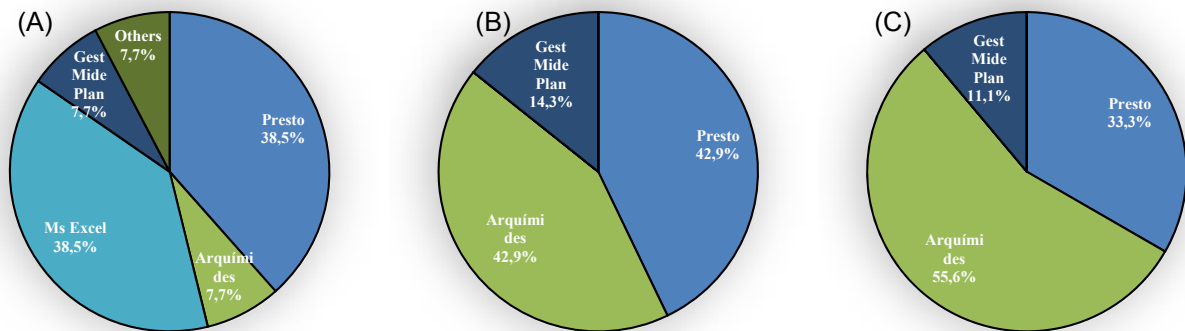


Figure 7: Porcentaje de software usado en la disciplina Mediciones y Presupuestos en los años 2014 (A), 2015 (B) y 2016 (C)

La Figura 7 analiza el software usado en Mediciones y Presupuestos en 2014 (Figura 7.A), 2015 (Figura 7.B) y 2016 (Figura 7.C). Esta figura muestra cómo el número de software usado se ha reducido a lo largo de las ediciones del concurso, pasando de 5 en 2014 (Medit, Ms Excel, Presto, Gest Mide Plan y Arquimedes) a solo 3 (Presto, Gest Mide Plan y Arquimedes) en 2015 y 2016. Cabe destacar que en la primera edición los profesionales utilizaron hojas de cálculo de MS Excel. El uso de este programa ilustra cómo en ese momento seguían usando el software tradicional para realizar los presupuestos de sus proyectos. Desde 2015 se puede apreciar una evolución en el uso del software, al no utilizar ningún equipo MS Excel en sus propuestas. La Figura 7 también muestra que el uso de Arquimedes ha aumentado significativamente pasando del 7.7% en 2014 al 55.6% en 2016. Este incremento de popularidad se puede explicar por su buena conectividad con el software de análisis estructural Cype al pertenecer ambos a la misma compañía.

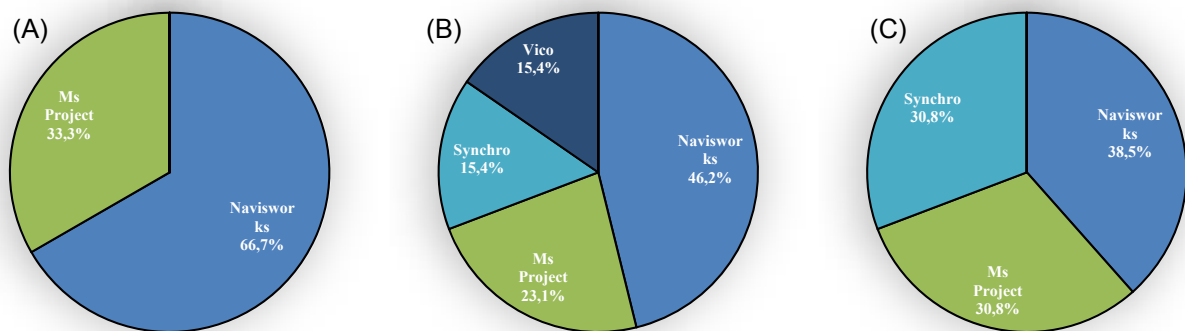


Figura 8: porcentaje de software usado en la disciplina de Planificación y Control de Obra en los años 2014 (A), 2015 (B) y 2016 (C)

La Figura 8 analiza el software usado en Planificación y Control de Obra en 2014 (Figura 8.A), 2015 (Figura 8.B) y 2016 (Figura 8.C). Estas figuras muestran que el software más usado en esta disciplina es Navisworks. Sin embargo, su uso ha disminuido del 66.7% en 2014 al 38.5% en 2016. Este hecho puede explicarse por el incremento del uso de la principal alternativa: MS Project, así como por el uso de software que patrocina el concurso. Este es el caso de Synchro, que aumentó su uso en 2015 del 15.4% al 30.8% en 2016..

## 2.2. Flujos de trabajo entre disciplinas

En esta sección se analizan los flujos de trabajo entre las disciplinas de Arquitectura y Análisis estructural. Las representaciones gráficas de estos flujos de trabajo se presentan en las Figuras 9 (2014), 10 (2015) y 11 (2016). Los diferentes programas se representan con sus logotipos correspondientes. Las flechas se utilizan para representar la dirección del flujo de información. Estas flechas pueden estar en una dirección (desde arquitectura hasta análisis estructural o desde análisis estructural hasta arquitectura) o en ambas direcciones (en los casos en que los flujos de trabajo entre disciplinas son bidireccionales). Estas cifras también incluyen el porcentaje de uso de cada flujo de trabajo. Obviamente, cuanto mayor sea el porcentaje, mayor será el uso de ese flujo de trabajo por parte de los equipos que compiten en la edición analizada.

La Figura 9 muestra que en 2014 Revit se usó principalmente para modelar y posteriormente exportar la estructura a Robot (54.6%) y una vez calculada la estructura se exportó de nuevo desde Robot a Revit (flujo bidireccional). Algunos equipos (4.6%) también hicieron esta conexión de Revit a Robot indirectamente a través de Autocad. Además, Revit también se conectó con Cype bidireccionalmente (9.1%). Allplan fue el otro software de Arquitectura utilizado para conectar con el Análisis Estructural. Este software se usó de forma bidireccional a Cype (18.2%) y al software Arktec Tricalc (9.1%).

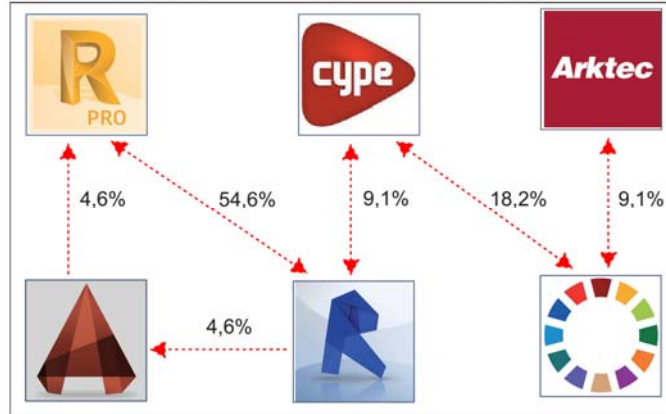


Figura 9: Flujos de trabajo entre Arquitectura y Análisis Estructural en 2014

La Figura 10 muestra que en 2015 Revit fue nuevamente el software de Arquitectura más usado para el intercambio de información entre Arquitectura y Análisis Estructural. A diferencia del año anterior, la conexión más habitual de Revit es con Cype (40.0%) y la conexión con Robot solo representó el 26.7%. El segundo software de Arquitectura más popular es Archicad y se conecta principalmente a Cype (26.7%). Finalmente, Tekla también está conectado de forma bidireccional a Cype (6.7%).

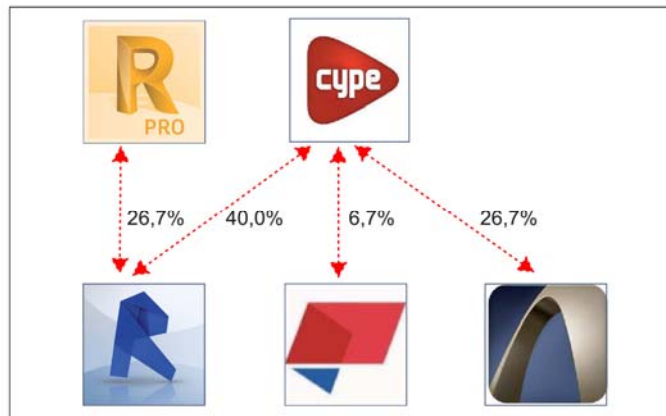


Figura 10: Flujos de trabajo entre Arquitectura y Análisis Estructural en 2015

La Figura 11 muestra que en 2016 la mayoría del software de análisis estructural recibió la información de Revit. Al igual que en la edición anterior, la conexión más común de este software fue con Cype (42.9%) seguido de cerca por Robot (35.7%). Un equipo (2.4%) también realizó diseños paramétricos con Rhinoceros que analizaron posteriormente con Robot, transfiriendo la información a través de Autocad. Finalmente, el otro software de modelado utilizado fue Archicad conectado con Cype (14.3%).

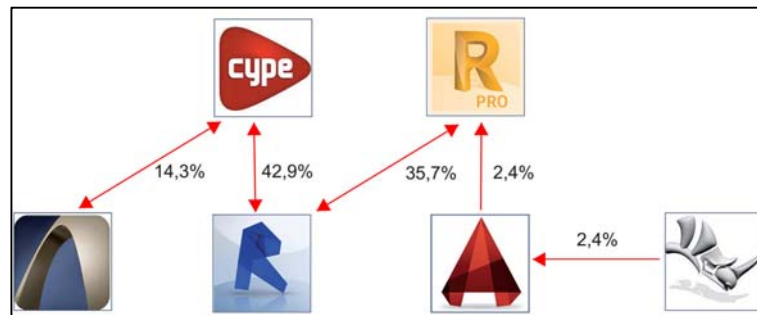


Figura 11: Flujos de trabajo entre Arquitectura y Análisis Estructural en 2016

### 3. Conclusiones

Con el fin de fomentar el uso del Building Information Modeling (BIM) entre empresas y universidades, se han llevado numerosas actividades, entre las destacan aquellas basadas en una metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) que permite experimentar las ventajas de usar esta nueva metodología, mediante su experiencia personal. Una de las actividades de ABP más alentadoras son los concursos BIM, donde diferentes equipos han de resolver un mismo desafío con su propia metodología en el mismo tiempo de trabajo.

Este trabajo analiza los Building Execution Plans (BEPs) de los proyectos BIM presentados en tres ediciones diferentes (2014, 2015 y 2016) del concurso internacional BIM (BIM Valladolid en España). Este análisis proporciona una visión útil sobre los siguientes temas: (1) Software utilizado en las principales disciplinas: Arquitectura, Análisis estructural, Eficiencia energética, Mediciones y Presupuesto, Planificación y Control de Obras. Los resultados obtenidos muestran que en algunas disciplinas (como Arquitectura) las empresas tendieron a aumentar el número de software utilizado en las ediciones del concurso. El software de arquitectura más popular fue Revit y su uso se combina conjuntamente con Autocad. El uso de este último software muestra cómo las empresas han ido evolucionando desde su metodología pre-BIM. En la disciplina de Análisis estructural, el número de software empleado, se ha reducido sucesivamente a lo largo de las ediciones del concurso. De hecho, las empresas tienden a usar solo dos software; Cype y/o Robot. Con respecto a la disciplina de Eficiencia Energética, el uso de software específico como Designbuilder se está haciendo cada vez más popular, ya que la interoperabilidad con el software de arquitectura está ganando solidez. TCQ parece ser una opción de uso creciente para la cuantificación del consumo de energía durante la fase de ejecución, aunque resulta de mayor interés combinando su uso para otras disciplinas. En la disciplina de Mediciones y Presupuesto, el software de Arquímedes está ganando popularidad debido a su buena conexión con el software Cype, cuyo uso está bien establecido en España. El análisis de esta disciplina también muestra cómo en el primer concurso, los participantes de la edición combinaron el software BIM con el uso de hojas de Microsoft Excel. El hecho de que este software haya dejado de usarse en ediciones posteriores, muestra cómo las empresas han evolucionado hacia el uso de software BIM específico. En la disciplina de Planificación y Control de ejecución de obra, Microsoft Project y Navisworks son con diferencia los software más usados. (2) Flujos de trabajo de información entre las disciplinas de Arquitectura y Análisis Estructural. Esta comparación muestra que la conexión más común entre estas disciplinas es entre Revit y Cype. A lo largo de las diferentes ediciones, la cantidad de conexiones ha aumentado significativamente.

Es importante resaltar que las conclusiones obtenidas en referencia al uso del software se enmarcan en las características particulares de los enunciados propuestos en el concurso analizado y en el software previamente adquirido por las empresas. Los concursos BIM también pueden verse como una buena oportunidad para que las empresas experimenten con nuevos software. Por esa razón, las compañías de software patrocinadoras de este tipo de eventos intentan alentar el uso de sus productos proporcionando a los participantes tutoriales gratuitos y versiones de prueba.

#### 4. Agradecimientos

Los autores agradecen a la organización del concurso BIM de Valladolid, especialmente a J. E. Nogués y J. Alonso por la información proporcionada para el análisis de los BEPs. También se agradece la financiación de la Beca de Pablo Bellido por parte del Instituto Enrique Castillo (UCLM), la beca del Vicerrector de Docencia de la UCLM por participar en concursos internacionales y el proyecto de investigación BIA2017-86811-C2-2-R del Ministerio español de Economía, Industria y Competitividad, financiado con fondos FEDER y dirigido por José Antonio Lozano-Galant.

#### 5. Referencias

- AUTODESK (2017). <<https://www.autodesk.com/hk/hkbimawards>> [Consulta: 14 de diciembre de 2017]
- AZAHAR, S. (2009) Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry, *Leadership and Management in Engineering*, 11 (3), pp. 241-252.
- BARLISH K. SULLIVAN, K. (2012) How to measure the benefits of BIM-a case study approach, *Automation in construction*, 24, pp. 149-159.
- BECERIK-GERBER, B. KENSEK, K. (2010) Building Information Modeling in Architecture, Engineering, and Construction: Emerging Research Directions and Trends, *Journal of Professional issues in Engineering Education and Practice*, 136(3), pp. 139-147.
- BIMCONTEST. *BIM Concours*.<<https://bimcontest.com/>> [Consulta: 7 de febrero de 2018]
- BIMTECNIA. *Congreso sobre metodología BIM*.<<http://www.bimtecnia.com/>> [Consulta: 7 de febrero de 2018]
- BELLIDO, P. (2017) "Study of the information flow using BIM tools: Experience of the team C-BIM UCLM", Trabajo Fin de Máster, Universidad de Castilla-La Mancha.
- EASTMAN, C. TEICHOLZ, P. SACKS, R. LISTON, K. (2011) BIM Handbook, A guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Constructors, (2nd Ed) Wiley.
- H. PENTTILÄ. (2006), Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression, *ITCON 11 (Special Issue The Effects of CAD on Building Form and Design Quality)*, pp. 395-408
- LIU, S. XIE, B. TIVENDAL, L. LIU, C. (2015) The Driving Force of Government in Promoting BIM Implementation, *Journal of Management and Sustainability*, 5(4), pp. 154-164.
- LÓPEZ-QUEROL, S. SÁNCHEZ-CAMBRONERO, S., RIVAS, A. GARMENDIA, M. (2015) Improving Civil Engineering Education: Transportation Geotechnics Taught through Project-Based Learning methodologies, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 141(1), pp. 1-7.
- PASSIVEHOUSE. *BIM Passive House international contest*.<[https://passivehouseinternational.org/index.php?page\\_id=76&y=2015](https://passivehouseinternational.org/index.php?page_id=76&y=2015)> [Consulta: 7 de febrero de 2018]
- PHILIPP, N.H. (2015). "Utilizing BIM in a design build competition program", *ASEE Annual Conference and Exposition*, Washington United States.
- PONT, U. ET AL., (2016) Effort and Effectiveness Considerations in Architectural Design: Two Case Studies of Architectural Design Studios", *Applied Mechanics and Materials*, 824, pp. 836-844.
- SACKS, R. BARAK R. (2010) Teaching Building Information Modeling as an Integral Part of Freshman Year Civil Engineering Education, *Journal of Professional issues in Engineering Education and Practice*, 136(1), pp. 30-38.
- SMITH, P. (2014) BIM Implementation – Global Strategies, *Procedia Engineering*, 85, pp. 482-492.
- SUCCAR, B. (2009) Building Information Modelling Formwork: a research and delivery foundation for industry stakeholders, *Automation in Construction*, 18(3), pp. 357-375.
- TEICHOLZ, P. (2013) BIM for facility managers, *IFMA Foundation*.
- TEKLA (2017).<<https://www.tekla.com/bim-awards>> [Consulta: 14 de diciembre de 2017].WU, W. HYATT, B. (2016) Experimental and Project-Based Learning in BIM for sustainable living with tiny solar houses. *Procedia Engineering*, 145, pp. 579-586.

## Menos estándares y más colaboración

Valderrama, Fernando<sup>a</sup>

<sup>a</sup>RIB Spain fernando.valderrama@rib-software.es

---

### Abstract

*The DataCon European project developed in 1994 a system to integrate into the same structure estimates, price databases and catalogs of products for construction. DataCon was a commercial and technological success, and most of the price databases and construction products catalogs currently distributed in Spain come from that platform.*

*However, a part of DataCon was never implemented. The project described the possibility of linking the generic types of materials or construction systems of the price databases to the specific models of each manufacturer's catalog. The possibilities of this linkage are easy to imagine, since the available commercial products could be located automatically for any estimate.*

*This was never done. Developers of price databases and of catalogs live parallel worlds and manufacturers are not aware of the advantages.*

*Suddenly, with the BIM, BIM catalogs appear whose objects are not linked to the concepts to which they correspond in the price databases. Even worse, the BIM objects of some manufacturers are not linked to the same products of their traditional digital catalogs.*

*The communication develops these inconsistencies and launches a proposal for interoperability, not based on new standards, but on using existing ones.*

**Keywords:** *Standardization, standards, catalogs, price databases, construction products, collaboration, interoperability*

---

### Resumen

*El proyecto europeo DataCon desarrolló en 1994 un sistema para integrar en una misma estructura presupuestos, cuadros de precios y catálogos de productos para la construcción. DataCon fue un éxito comercial y tecnológico. La mayoría de los cuadros de precios y catálogos españoles se basan en esa plataforma.*

*Sin embargo, una parte de DataCon nunca fue implementada. El proyecto describía la posibilidad de vincular los tipos genéricos de materiales o sistemas constructivos de los cuadros de precios a los modelos concretos de cada catálogo de fabricante. Las posibilidades de esta vinculación son fáciles de imaginar, ya que a partir de un presupuesto se podrían localizar automáticamente los productos comerciales disponibles.*

*Esto nunca se hizo. Los desarrolladores de cuadros de precios y de catálogos viven mundos paralelos y los fabricantes no valoran sus ventajas.*

*De repente, con el BIM, aparecen catálogos BIM cuyos objetos no están vinculados a los conceptos a que corresponden en los cuadros de precios. Aun peor, los objetos BIM de algunos fabricantes no están vinculados a los mismos productos de sus catálogos digitales tradicionales.*

*La comunicación desarrolla estas incongruencias y lanza una propuesta de interoperabilidad, no basada en crear nuevos estándares, sino en utilizar los estándares existentes.*

**Palabras clave:** *Normalización, estándares, catálogos, precios, productos, construcción, colaboración, interoperabilidad*

---

## Introducción

Al hablar de interoperabilidad se suele poner el énfasis en los aspectos técnicos o sintácticos de los sistemas de intercambio, por ejemplo, si un programa es capaz de leer o no un determinado formato. Sin embargo, no se profundiza en el aspecto semántico, es decir, si los contenidos transferidos tienen el mismo significado para el agente emisor y para el receptor. Y se toca aún menos el aspecto pragmático, es decir, si entendido el formato y compartido el significado de los valores, el sistema resuelve de forma útil y práctica un proceso real del usuario.

Esta definición abstracta, tomada del estructuralismo, es útil para analizar el flujo de información sobre los componentes de la construcción que va desde las fuentes originales al modelo BIM, pasa de ahí a los documentos del proyecto, más tarde da soporte a las fases de preconstrucción y construcción y por último se transfiere a la etapa de mantenimiento. Esta comunicación se centra en la parte de este proceso referida a la gestión del coste, que se inicia en los cuadros de precios, catálogos de productos para la construcción y objetos BIM, y continua en la generación del presupuesto, entendido como base de datos con las especificaciones técnicas necesarias para la definición de los materiales y los sistemas constructivos deseados y para la fijación del precio.

¿Cuán bien fluye la información a lo largo de este proceso?

## 1. Una integración exclusiva

### 1.1. Cuadros de precios y presupuestos

El primer cuadro de precios moderno de España es el publicado en 1984 por Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Guadalajara, COAATGU, ahora denominado cuadro "Centro". A diferencia del sistema habitual en la época y todavía usado en los demás países donde hay cuadros de precios, el cuadro Centro se realizó con un programa normal de presupuestos y no con una base de datos genérica o específica, consiguiendo entre otras cosas una puesta en marcha rápida y económica.

Listado de Descompuestos								
Cod	Cantidad	Un	Descripción	Idp	Fecha	Precio	Subtotal	Importe
21.13			UN BIDE VICTORIA COLOR	S	0584	15.925,00		
			BIDE VICTORIA EN COLOR CON BRUFERIA MONOLIT. TIPO ALD A TOTALMENTE INSTALADO.					
0584	1,000	M.	Cuadrilla A (1x2x,5x5+102)	D	0584	1,454,00	1,454,00	
0584	1,000	Un	Bisel VICTORIA color	S	0584	4,890,00	4,890,00	
1791	1,000	Un	Bril. Monolit. Isotel Alca	V	0584	4,185,00	4,185,00	
1748	2,000	Un	Escudo plastico embellecedor	V	0584	8,00	16,00	
1750	2,000	Un	Llave escuadra 1/2"	V	0584	180,00	360,00	
1752	2,000	Un	Latiqullo aluminio	V	0584	150,00	300,00	
1717	1,000	Un	Valvula desague tapon 40 mm.	V	0584	274,00	274,00	
1402	200	M	Tub. PVC evacuacion 40 mm.	P	0584	172,00	34,40	
1401	1,000	Un	Codo h-h-90 PVC evac. 40 mm.	P	0584	52,00	52,00	
0184			Medios auxiliares (a/total)		0584	13.795,50	137,89	
			Redondeo.....					-,76
			Suma el TOTAL PARTIDA.....				15.925,00	
21.14			UN LAVABO BOMOLA C/PREST. COLOR S	S	0584	21.259,00		
			LAVABO BOMOLA CON PEDESTAL EN COLOR CON BRUFERIA MONOLIT. TIPO ALD. TOTALMENTE INSTALADO.					
0584	1,200	M.	Cuadrilla A (1x2x,5x5+102)	D	0584	1,454,00	2.150,20	
1807	1,000	Un	Lav. BOMOLA 42 cm. ped. c. S	S	0584	11.410,00	11.410,00	
1748	1,000	Un	Escuadra acero-inox. lavabo	V	0584	180,00	180,00	
1752	1,000	Un	Bril. Monolit. Lavabo Alca	V	0584	4,090,00	4,090,00	
1750	2,000	Un	Llave escuadra 1/2"	V	0584	180,00	360,00	
1402	1,400	M	Tub. PVC evacuacion 40 mm.	P	0584	172,00	240,80	
1401	1,000	Un	Codo h-h-90 PVC evac. 40 mm.	P	0584	52,00	52,00	
1717	1,000	Un	Valvula desague tapon 40 mm.	V	0584	274,00	274,00	
1752	2,000	Un	Latiqullo aluminio	V	0584	150,00	300,00	
0184			Medios auxiliares (a/total)		0584	21.040,20	210,40	
			Redondeo.....					-,22
			Suma el TOTAL PARTIDA.....				21.259,00	
21.15			UN INCL. BOMOLA TANQUE-B. COLOR S	S	0584	34.140,00		
			INCISOR BOMOLA TANQUE BAJO EN COLOR TOTALMENTE INSTALADO.					
0584	1,200	M.	Cuadrilla A (1x2x,5x5+102)	D	0584	1,454,00	2.481,00	
1810	1,000	Un	Incis. BOMOLA s. bajo color S	S	0584	27.845,00	27.845,00	
1815	1,000	Un	Asiento cepillat para inodoro	S	0584	3.020,00	3.020,00	
1752	1,000	Un	Latiqullo aluminio	V	0584	150,00	150,00	
1750	1,000	Un	Llave escuadra 1/2"	V	0584	180,00	180,00	
0184			Medios auxiliares (a/total)		0584	33.711,00	337,11	
			Redondeo.....					-,13
			Suma el TOTAL PARTIDA.....				34.140,00	

Fig. 1 Cuadro de precios COAATGU (1984)

Las necesidades informáticas de un presupuesto y de un cuadro de precios son bastante distintas. El presupuesto trabaja con una cantidad de información relativamente pequeña, gestiona mediciones y calcula importes. El cuadro de precios necesita soportar múltiples precios, búsquedas avanzadas y varios niveles de capítulos. Sin embargo, el acuerdo entre ambas entidades permitió sincronizar los esfuerzos y que cada una centrara el trabajo en la parte que le interesaba.

La edición 1994 sólo estaba disponible en papel, ya que entonces los profesionales, en su gran mayoría, trabajaban con medios manuales. Los usuarios de programas informáticos tenían que copiar manualmente las unidades de obra requeridas en sus presupuestos.

Naturalmente estos usuarios requirieron pronto que se entregase el archivo digital en disquetes, el soporte disponible en la época. El COAATGU aceptó, pero para que el cuadro pudiera ser leído por todos los programas se desarrolló rápidamente y por consenso un formato, el llamado Formato de Intercambio Standard, FIS 1, que marca el inicio de la interoperabilidad para la construcción en España.

Cuando el formato se quedó pequeño se desarrolló una variante, FIS 2, que no llegó a utilizarse, pero sentó las bases del formato BC3, o FIEBDC, ampliamente utilizado en la actualidad, para cuya difusión y mejora se creó la Asociación que lleva su nombre.

La existencia desde el primer momento de un formato de intercambio neutro es un beneficio para los usuarios, que pueden elegir libremente y por separado tanto el cuadro de precios como el programa de presupuestos que prefieren. Pero es más importante el hecho de que la posibilidad de que una entidad desarrollara sólo uno de los dos componentes, o bien la infraestructura informática, o bien los contenidos, que requieren capacidades completamente distintas, permitió que existieran dos sectores también distintos, potentes y exitosos.

Es difícil percibir esta situación desde dentro de nuestro país, donde se acostumbra a pensar que todo lo de fuera es mejor, pero cualquier profesional que ha trabajado en el exterior lo ha comprobado tan pronto como ha necesitado un cuadro de precios o ha tenido que hacer los presupuestos con hojas Excel y otros sistemas primitivos.

## 1.2. Y los catálogos

El proyecto europeo DataCon, terminado en 1994, propuso la integración de los catálogos de productos para la construcción en este sistema dual de cuadros de precios y presupuestos. Este paso, que parece ahora totalmente natural, no lo fue en el primer momento ni ha ocurrido tampoco en ningún otro país.

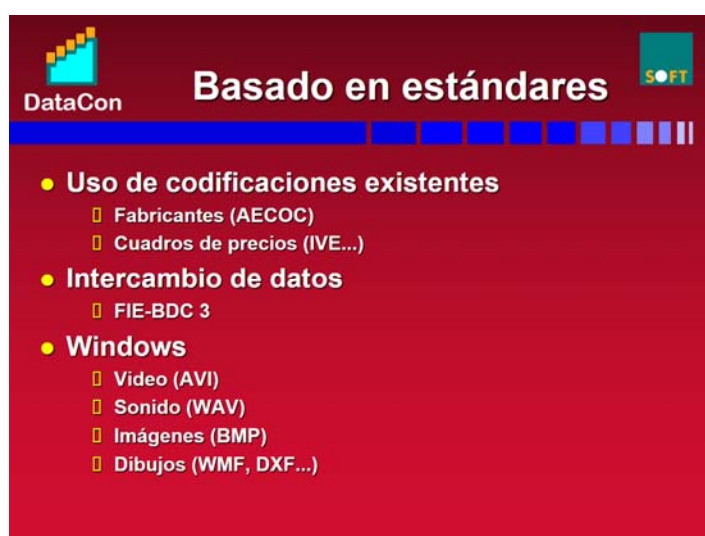


Fig. 2 Presentación de DataCon (1994)

Los fabricantes innovadores de la época generaban soportes digitales propios, con colecciones de detalles constructivos o información diversa sobre sus productos, pero sin ningún tipo de estructura uniforme. Algunos usaban los directorios del sistema operativo para almacenar los archivos, otros creaban programas interactivos multimedia. Estos catálogos, de calidad técnica irregular, eran incompatibles entre sí y su usabilidad era baja, ya que estaban orientados al atractivo visual y no a la facilidad para buscar e insertar la información en los presupuestos. A veces eran una mera imitación de anteriores catálogos en papel.

Para que el proyecto DataCon, parte de la acción Paso del programa europeo Esprit, fuera un éxito, se contó con un agente de cada uno de los sectores implicados:

- Soft SA como líder y desarrollador de Presto, miembro fundador de la Asociación FIE BDC, actualmente RIB Spain,.
- El Instituto Valenciano de la Edificación, IVE, por su papel innovador en la redacción de cuadros de precios, miembro también de FIE BDC, como potencial creador de catálogos.
- Asfaltos Chova, empresa pionera en la entrega de detalles constructivos digitales.
- El estudio de arquitectura Stoa, actualmente integrado en L-35, como usuario que validara el proceso completo.

Para introducir la información de los catálogos era necesario soportar imágenes en todo tipo de formatos, detalles constructivos, primero en DXF y luego en DWG, archivos PDF, hojas Excel, etc.

Dado el compromiso de todos los miembros con el uso de estándares en el proyecto, los nuevos tipos de información necesarios se propusieron a la Asociación FIE BDC para que se incorporaran al formato y los fabricantes no estuvieran vinculados a un programa determinado. Esta decisión permitió que todo el proceso de creación, entrega y utilización de catálogos se pudiera realizar libremente por cualquier fabricante, sin más costes que los derivados de los recursos necesarios, sin acuerdos ni exclusivas.

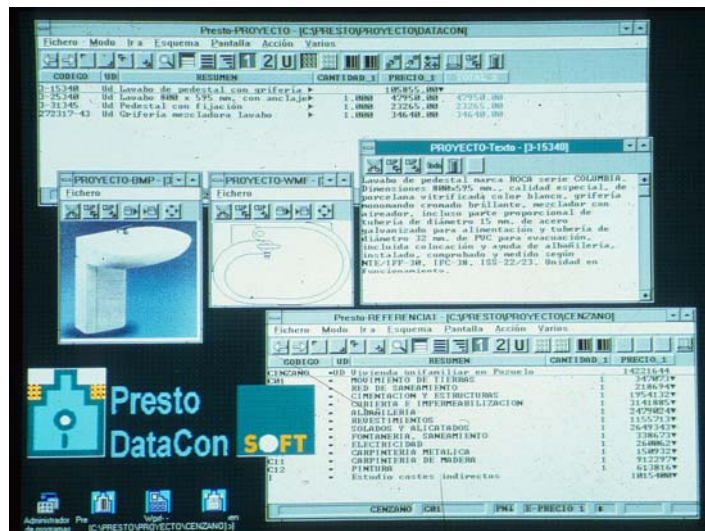


Fig. 3 Pantallas originales de DataCon (1995)

DataCon fue un éxito comercial y tecnológico. La mayoría de los catálogos de productos para la construcción distribuidos en España se basan en esa plataforma, si bien el soporte CD-ROM ha sido sustituido por la publicación en Internet. Como ocurrió con los cuadros de precios, esta solución integrada es exclusiva de nuestro país, el único en el que la información puede pasar directamente y en todas las direcciones entre estas dos fuentes de información y los presupuestos.

## 2. Lo que quedó por hacer

### 2.1. Tipos y modelos

El objetivo más ambicioso de DataCon consistía en vincular los productos comerciales concretos ofrecidos por cada fabricante con los tipos genéricos de materiales o sistemas constructivos definidos en los cuadros de precios. De esta forma, el profesional de proyectos podría utilizar conceptos genéricos en una primera etapa del proyecto y convertirlos luego en productos comerciales. O, al revés, podría usar productos comerciales que le son familiares y posteriormente sustituirlos por información genérica, válida para el presupuesto, o por la de otros productos similares.

Para ello se definieron los conceptos de "modelo" y "tipo", siguiendo conceptos estructuralistas, de moda en la época. El "tipo" representa una imagen genérica, abstracta, como el templo dórico, y cada elemento particular o instancia es un "modelo", como el Partenón.

También se solicitó a la Asociación FIE BDC que incorporase al formato esta posibilidad, creándose nuevos registros, especialmente:

- El registro tipo entidad, que define los fabricantes.
- El registro tipo relación comercial, que establece los vínculos entre los conceptos o "tipos" de un cuadro de precios y los productos o "modelos" de una entidad.

Los registros pueden funcionar en las dos direcciones. En un cuadro de precios, la entidad es cada uno de los fabricantes que proporcionan un concepto. En el catálogo de un fabricante, la entidad es cada cuadro de precios o codificación cuyo código se asocia a un producto.

Esta segunda posibilidad no fue utilizada en su momento. Ninguno de los numerosos fabricantes que han publicado sus catálogos han añadido las equivalencias de sus productos con códigos de conceptos genéricos. Los fabricantes tienden a difundir sólo las características de su producto que facilitan la tarea del prescriptor para especificarlos en su proyecto. No es un interés suyo que ese producto se compare con otros o se sustituya por un genérico y tampoco valoran sus ventajas en el caso contrario, cuando a partir de un genérico se localiza su marca.

Los desarrolladores de catálogos no pueden imponer otro criterio a los fabricantes. Además, los desarrolladores de catálogos y los de cuadros de precios se consideran competidores, cuando realmente proporcionan servicios complementarios, por lo que no colaboran.

Como demuestra la historia de la tecnología, la mera existencia de una posibilidad técnica, que sería de gran utilidad para un sector, no tiene éxito si no existe un eco-sistema de intereses comunes entre todos los agentes implicados.

### 2.2. De repente, el BIM

El BIM aparece y promete nuevas posibilidades. Los diseñadores necesitan objetos BIM para insertar en sus modelos, de forma similar a los tradicionales detalles, pero ahora en tres dimensiones.

Las colecciones disponibles, como bimobject, están orientadas normalmente a generar un solo documento del proyecto, los planos; la representación gráfica es perfecta. Sin embargo, para generar el presupuesto es necesario añadir a los objetos "todas las descripciones técnicas necesarias para su especificación y valoración", como requiere el Código Técnico de la Edificación. Esta tarea no es fácil, porque los objetos están poco referenciados al mundo exterior, de donde proviene la información que falta. Falla la integración con el eco-sistema existente de cuadros de precios, catálogos de productos y programas de presupuestos.

En general, los objetos de estas colecciones sólo tienen como referencia exterior el código que les corresponde en clasificaciones como MasterFormat, Unifomat, Omniclass o Uniclass. Pero estas clasificaciones no sirven para la finalidad que necesitamos:

- Sólo definen categorías o capítulos. Permiten agrupar de manera uniforme los distintos componentes del presupuesto, pero no sirven para localizar y comparar unidades de obra o productos concretos entre sí.
- Estas clasificaciones provienen de entornos de influencia anglosajona y no son habituales en nuestro país, donde se usan los códigos y las estructuras de capítulos de los cuadros de precios. Se pierde así la enorme cantidad de conocimiento de la construcción que ya está codificado y disponible, y se añade un trabajo extra a los profesionales. Tampoco se tienen en cuenta clasificaciones de ámbito europeo, como DIN 276.

Es curioso que los nombres de los parámetros de los objetos BIM con los códigos de clasificación tengan distinto nombre en cada catálogo y sean también diferentes de los utilizados por Autodesk para Revit y de los definidos por el formato IFC, añadiendo una nueva capa de incompatibilidad.

Tabla 1. Parámetros y nombres no estándar de las clasificaciones estándar

Autodesk	bimobject	ITeC
Classification.OmniClass.22.Number	Numero OmniClass	CodigoOmniclass
Classification.Uniclass.Pr.Description.Number	Uniclass 2015 Código	CodigoUniclass2015
Classification.MasterFormat.Number	CSI MasterFormat 2014 Code	
Classification.UniFormat.II.Number	CSI UniFormat II Code	

Tal vez el mayor problema es que estas clasificaciones, además de incompatibles entre sí, son demasiadas. Muchos estándares equivalen a ningún estándar y siguen apareciendo nuevas propuestas, como GuBIMClass, promovido por GUBIMCAT y Infraestructures, de la Generalitat de Catalunya. Hay que añadir además las exigencias de clasificación de los promotores que utilizan BIM, distintas de todas las anteriores. Si la potencia de una red aumenta con el cuadrado del número de participantes, la eficacia de la interoperabilidad disminuye con la raíz cuadrada del número de estándares.

Las restantes propiedades o parámetros de cada familia y de cada colección de objetos son también distintas. Como resultado, se generan masas de datos difíciles de combinar y de comparar. Los objetos valen para los planos, pero no facilitan la creación de los demás documentos del proyecto.

### 2.3. ¿Hay un proceso mejor?

Es posible imaginar cómo funcionaría este proceso tomando como referencia la colección ACAE. En esta plataforma, descendiente directa de los catálogos DataCon, los objetos BIM se insertan como un elemento más de la información de cada producto, de forma similar a los detalles constructivos DWG del pasado.

Este proceso, que en este momento se puede realizar sólo con un número muy reducido de los productos que figuran en la plataforma, es el siguiente:

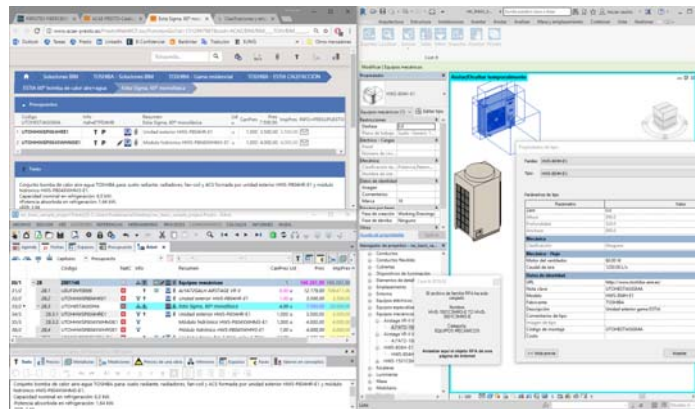


Fig. 4 De la referencia al presupuesto pasando por el modelo (Acae, Presto, Revit)

1. El usuario accede a la plataforma y selecciona los componentes deseados para su proyecto en la misma estructura de clasificación del cuadro de precios Centro del COAATGU. Esta poco habitual reutilización de un estándar de facto representa una ventaja inmediata para el usuario.
2. Los productos que se van a usar en el proyecto se descargan en el formato FIEBDC a un presupuesto auxiliar, que hace las veces de catálogo o cuadro de precios del proyecto, donde se inserta la misma información de los catálogos tradicionales, como texto, descomposición, precio y documentos adjuntos, e incluso el objeto BIM.
3. El objeto BIM se puede traspasar al modelo Revit directamente desde el navegador o a través de este presupuesto auxiliar.
4. Los productos del catálogo, que tienen la información tradicional, y los objetos del modelo, con la geometría, están relacionados por un código, que se conserva en un campo estándar de Revit, compartido por todos los usuarios.
5. Cuando se desea se generan las mediciones a partir del modelo.
6. Esta obra se actualiza respecto del catálogo auxiliar para importar la información alfanumérica y obtener un presupuesto completo. La información de los objetos del modelo que corresponden a componentes genéricos se obtienen de la misma manera, esta vez respecto de cuadros de precios convencionales.
7. Puesto que los códigos utilizados son compatibles con los de un cuadro de precios, que en este caso concreto es el de Centro, una funcionalidad del programa de presupuestos permite crear los capítulos del cuadro que son necesarios en este proyecto y mover bajo ellos las unidades de obra que les corresponden, quedando reclasificado el presupuesto con la estructura deseada.

Todo el proceso se ha realizado utilizando estándares, parámetros y fuentes de datos existentes. Es completamente abierto y sin coste. Cada agente del sector puede centrarse en la etapa que le interese, como desarrollar programas informáticos, redactar catálogos y colecciones de objetos, publicarlos en Internet, descargar la información y utilizarla en sus proyectos. Nada de ello requiere pagar licencias o establecer acuerdos, más allá del esfuerzo humano y de los programas informáticos utilizados,.

### 3. Conclusión

De forma resumida, el proceso analizado consiste en introducir en el campo “Código de montaje” de cada objeto de Revit el código de la unidad de obra que le corresponde en un cuadro de precios o catálogo de productos, disponible en el formato FIE BDC, en el cual figure la información necesaria para crear el presupuesto.

Este proceso se puede realizar con cualquier cuadro de precios o catálogo existente, usando su propia clasificación, utilizando el formato FIE BDC, un estándar de facto y de iure, y con campos predefinidos del programa de referencia que tienen contrapartidas en otros programas BIM.

Se demuestra así que la generación automática de un presupuesto basado en BIM se puede realizar utilizando estándares y sistemas abiertos existentes. Para ello, es necesario que cada nuevo agente reconozca que existe un eco-sistema previo a su entrada en el sector y que puede colaborar con los demás agentes y con sus propios competidores.

Los frenos más importantes a la interoperabilidad son la aparición de agentes que tratan de controlar todas las fases del proceso de forma excluyente y la creación de nuevos estándares, aunque tengan aparentemente el objetivo contrario.

#### 4. Trabajo pendiente

Entre las muchas posibilidades que se pueden explorar para facilitar el flujo de información digital en los aspectos del proyecto relacionados con la gestión del coste están:

- La vinculación de objetos BIM paramétricos con conceptos paramétricos FIE BDC relacionados, de manera que se generen automáticamente las unidades de obra específicas para cada combinación de valores.
- La determinación, entre los cientos de parámetros de los objetos BIM, de los que son críticos para la especificación técnica y la fijación del precio, y que, por tanto, deben formar parte del presupuesto y ser monitorizados si se modifican en el modelo.
- El establecimiento de un sistema natural para realizar y valorar la certificación, ya sea en el modelo o en el programa de presupuestos,
- La gestión de los sistemas de aseguramiento de la calidad, seguridad y salud y sostenibilidad a partir de la información de las fuentes utilizadas para crear el presupuesto, junto con la documentación del edificio terminado.

Técnicamente, todo se puede hacer. En la realidad, sólo funcionará si los agentes colaboran, usan los estándares y las fuentes de información que ya existen y se especializan en la etapa que dominan.

#### 5. Referencias

ACAE. *Catálogo multifabricante*. <<http://www.acae.es>> [Consulta: 27 de febrero de 2018]

BIMOBJECT. *Clasificaciones y etiquetas*. <<https://www.bimandco.com/es/tags-classifications>> [Consulta: 27 de febrero de 2018]

COLEGIO OFICIAL DE APAREJADORES Y ARQUITECTOS TÉCNICOS DE GUADALAJARA. *Cuadro de precios*. Guadalajara, 1984.

[https://infraestructures.gencat.cat/arx\\_Not/170731135235\\_GuBIMClass\\_V1.2\\_-\\_Infraestructures-cat.pdf](https://infraestructures.gencat.cat/arx_Not/170731135235_GuBIMClass_V1.2_-_Infraestructures-cat.pdf) [Consulta: 10 de marzo de 2018]

ITEC. *ITeC - Muros con cámara de aire y revestimiento discontinuo - Placas cerámicas + AT Genérico*. <http://metabase.itec.cat/empresa/es/1639958/bim/1540> [Consulta: 27 de febrero de 2018]

Ministerio de Fomento (2013). *Código Técnico de la Edificación CTE, Parte I*. Madrid.

## **EXPERIENCIAS REALES CON BIM**

## PONENCIA TEMA CASOS REALES CON BIM

### Modelo SCARF aplicado en la implementación de procesos BIM

**López, Jónatan<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>Desarrolla las labores de “Responsable de metodología BIM” colaborando en la creación y optimización de procesos y asesorando en la gestión BIM, en el departamento de área pública en White Arkitekter. Compagina estas tareas con las propias de gestión BIM en proyectos muy variados: Estudios preliminares con equipos de 2 o 3 personas, pasando por proyectos básicos y de ejecución de escuelas entre 5.000 a 10.000m<sup>2</sup> con equipos de 6-15 personas y grandes proyectos de ejecución de investigación científica o de oficinas que implican la gestión de equipos de hasta 35 personas y una superficie de hasta 55.000m<sup>2</sup>. Aunque lleva desarrollando proyectos desde el año 2000, no fue hasta 2005 cuando comenzó a trabajar en entorno BIM. Desde entonces ha implementado BIM en diferentes Ingenierías y estudios de arquitectura en España y Suecia. Esta experiencia ha hecho que haya crecido en él una curiosidad por cómo el BIM afecta a las personas en sus relaciones laborales. Desarrollando así una metodología de trabajo centrada en las personas y sus emociones.

---

#### **Abstract**

*BIM Humans tend to classify, organize, catalog and sequence.*

*There are many examples of this and Architecture itself is a very example. We feel that we give meaning to the space when we think and organize it. When addressing challenges, alternative solutions are organized and sequenced through architectural process and that allow us to reach the optimum solution.*

*Although our brain likes to be challenged by the unknown, it is also true that it seeks a feeling of certainty and safety. However, safety requires a certain degree of certainty.*

*How is the team's feeling of safety affected when it receives instructions to implement BIM in the project? How to control people's stress level during project development when working with BIM methodologies?*

*The aim of the conference is to analyze the BIM implementation from the model proposed by David Rock known as the SCARF model. In addition, some tools and techniques that have been useful for the creation of a positive and comfortable environment will be shown, facilitating the integration of BIM processes within the company.*

---

#### **Resumen**

*Los humanos tendemos a clasificar, organizar, catalogar y secuenciar.*

*Hay muchos ejemplos de esto. La arquitectura en sí es un ejemplo de ello. Sentimos que le damos sentido al espacio cuando lo organizamos. Cuando queremos solucionar problemas complejos, organizamos y secuenciamos los procesos que nos permiten llegar a la solución.*

*Aunque a nuestro cerebro le gusta que le sorprendan, también es cierto que ama la certeza. Ama la seguridad. Y es que la seguridad no es sino un sentimiento de certeza.*

*¿Cómo se ve afectados las personas en nuestro departamento por este sentimiento de seguridad y certeza cuando recibimos instrucciones de implementar los procesos BIM?, ¿Cómo controlar el riesgo de estrés de las personas durante el desarrollo de proyecto cuando trabajan con metodologías BIM?*

*El propósito de la conferencia es analizar la implementación BIM desde el modelo propuesto por David Rock conocido como modelo SCARF. Además se mostrarán algunas herramientas y técnicas que han sido útiles para la creación de un entorno agradable y positivo, facilitando la integración de procesos BIM dentro de la empresa.*

## URBIM: ciudades digitales. BIM en intervenciones urbanas

Ibiate-Domínguez, Irene<sup>a</sup>; Oya-Salas, Tania<sup>b</sup>; Torres-Marrades, Raquel<sup>c</sup> y Pascual-Sáez, María<sup>d</sup>

<sup>a</sup>ArquitectaC95Creative.Ireneibiate@c95creative.com, <sup>b</sup>ArquitectaC95Creative.Taniaoya@c95creative.com,

<sup>c</sup>ArquitectaC95Creative.Raqueltorres@c95creative.com, <sup>d</sup>Directora BIM en C95Creative. Mariapascual@c95creative.com

---

### Abstract

*The development of Ayacucho in BIM, grows from the need of updating the urbanistic information and give value to the historic patrimony, as well as creating a strategy to recreate the historic city center and carry out different urbanistic interventions to improve the city. A process of digitization of the city was carried out, which is currently used as a base to achieve this objectives.*

*The initial data collection is important so that a database can be created with the current state, a point cloud process and the creation of a BIM urban catalogue of the city elements. Simultaneously the parameters needed to create a digital cadestry were identified.*

*A modeling strategy was studied to optimize the process, dividing the city in sectors and radial growth. Creating a base of LOD100 which will grow up to a LOD400 for the most important elements.*

*As a result in 6 months we generated a database of the current state and 150 blocks were digitally built, used as a base for the current urban interventions that are being developed for the restoration, renovation and improvement of the urban space, also used as a base for diverse information apps and VR.*

**Keywords:** URBIM, Ayacucho, BIM, pointclouds, digital city, urbanism, smartcities

---

### Resumen

*El levantamiento BIM de Ayacucho, nace de la necesidad de actualizar información urbana y dar valor al patrimonio histórico, así como crear una estrategia para regenerar el casco histórico y llevar a cabo distintas intervenciones urbanas de mejora. Se desarrolla un proceso de digitalización de la ciudad, que actualmente sirve como base para estos objetivos.*

*La importancia de la toma de datos inicial, creando una base del estado actual, se basa en procesamientos de nube de puntos y la creación de un catálogo urbano en BIM de los elementos de la ciudad. Paralelamente, se identificaron los parámetros necesarios para crear un catastro digital como punto de partida.*

*Se estudió una estrategia para optimizar el proceso, sectorizando la ciudad y previendo un crecimiento radial del LOD. Creando una base LOD100 que iría subiendo hasta un LOD400 en los elementos representativos.*

*Como resultado, en 6 meses se ha generado una base de datos del estado actual y se han levantado digitalmente 150 manzanas de la ciudad de Ayacucho, sirviendo como base para las actuales intervenciones urbanas que se están desarrollando de restauración, rehabilitación y mejora del espacio urbano, así como base para distintas aplicaciones de RV y consulta.*

**Palabras clave:** URBIM, Ayacucho, BIM, nubes de puntos, ciudad digital, urbanismo smartcities

---

## Introducción

Al hablar de Smartcities, IoT y Big Data estamos hablando de la gestión eficiente de los datos de una ciudad. Son muchos los agentes intervinientes a escala urbana, la información diversificada y los objetivos a lograr. Con herramientas BIM, se consigue clasificar información diversa, creando modelos inteligentes en plataformas colaborativas, que permiten mejorar la gestión de la estructura urbana, creando bases de datos actualizadas a lo largo del ciclo de vida de un elemento.

Ya existen iniciativas para abordar proyectos de gran escala en BIM, ciudades como Berlín con información geolocalizada de sus edificios a través de formatos cityGML combinando información urbana y modelos geométricos sencillos; o proyectos a gran escala como el Cross-Rail de Londres con un claro desarrollo digital mucho más detallado para facilitar el diseño eficiente y el mantenimiento programado.

Ayacucho, situada en la vertiente oriental de la cordillera de los Andes. Es uno de los conjuntos arquitectónicos y artísticos más notables de Perú. Conocida como la «Ciudad de las Iglesias», por sus numerosos templos coloniales, o «Ciudad Señorial» por su arquitectura, tradición y arte. Tras años de deterioro arquitectónico, sin proteger el patrimonio cultural y sin planes estratégicos de crecimiento urbano, actualmente plantea unos objetivos claros. Se pretende declarar patrimonio de la humanidad su centro histórico, mejorando su espacio urbano, desarrollar una Smart city mejorando su gestión, crear un plan de turismo y acercar al ciudadano a su historia e identidad, mejorar la seguridad y crear un impacto económico dando a conocer el producto local de la ciudad.

En este marco, el objeto del proyecto es el levantamiento BIM del casco histórico de Ayacucho, obteniendo una base real de la ciudad, y haciendo un uso del modelo para la toma de decisiones referentes al posterior programa, creando una data y un espacio virtual de inmersión en diferentes propuestas. La digitalización, implanta soluciones aportadas por las tecnologías de la información y la comunicación en la gestión urbanística, con el objetivo de optimizar recursos y simplificar procesos, dando respuesta a las demandas de ciudadanos y administraciones, fomentando su interoperabilidad y habilitando medios electrónicos que permiten la consulta de la información urbanística y el uso eficientemente.

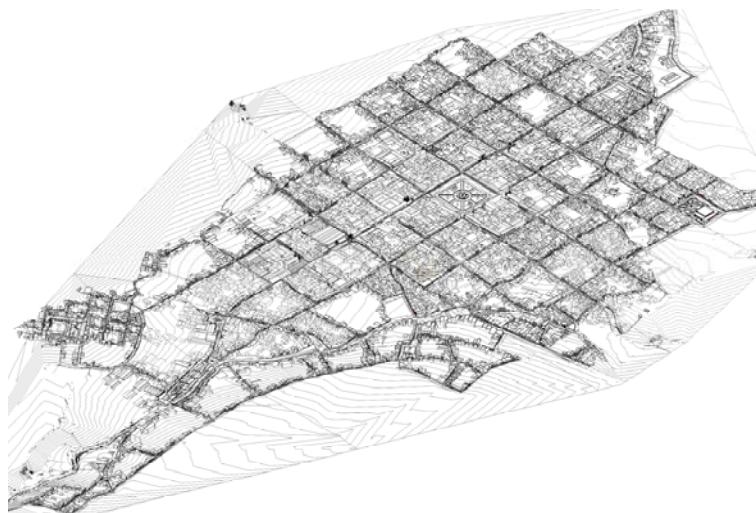


Fig.1 Modelado BIM Ayacucho. Fuente propia (2017)

La toma de datos geométrica se consigue a través de la tecnología de escaneado con nube de puntos, combinando mobile mapping (MM), estación escáner y dron; posteriormente estos escaneados serán tratados con softwares de gestión de nubes de puntos y modelado BIM.

En una primera fase de análisis, definición y normalización, se desarrolla una estrategia para formalizar el proceso, poniendo en valor los ejes principales y zonificando en once sectores que optimizan el trabajo y la clasificación urbana. Se diseña una base de datos de los principales elementos que dan identidad a la

ciudad, un catálogo personalizado y un sistema base de los estándares a seguir durante todo el ciclo de vida del proyecto.

En una segunda fase, se levanta digitalmente la geometría de la ciudad, implantando distinto nivel de detalle según avanza el proceso, creciendo el nivel de definición radialmente hasta conseguir un detalle geométrico y una base de datos óptima para la utilización del modelo en distintas plataformas.

## **1. Modelo Digital. Objetivo**

Los desarrollos relacionados con la construcción de edificios y ciudades están sufriendo un cambio, provocado principalmente por el uso generalizado de las aplicaciones inteligentes y los dispositivos electrónicos. La tecnología digital, ofrece grandes beneficios cuando se adopta para implementar formas integradas de representación del mundo físico en un formato digital.

El área seleccionada, se encuentra determinada por un Eje N-S de 13 cuadras, en línea recta desde la Plaza María Parado de Bellido al norte, hasta la Arquería de Azotea al Sur, siendo uno de los principales ejes con mayor cantidad de bienes culturales. En el eje E-W cubrimos una media de 10 cuadras completando así el centro histórico.

Cuando el desarrollo digital, se aplica a la extensión de una ciudad construida, podemos denominarla ciudad digital, y abarca una amplia gama de enfoques e iniciativas tecnológicas para desarrollar un mundo virtual que refleje el mundo real formando la base de las Smartcities, a este proceso y estandarización lo llamaremos URBIM, llevando las estrategias y metodologías implantadas en los proyectos BIM al levantamiento de la Realidad Urbana.

Se facilita el diseño eficiente de las infraestructuras ,un sistema de mantenimiento, y se crea una nueva base para el crecimiento económico y el bienestar social, basado en análisis de simulaciones y estrategias virtuales que definan un desarrollo con evidencias y datos contrastados a través de la experiencia virtual.

### **1.1. Impacto científico-técnico**

Se establece un catálogo de elementos urbanos normalizado, con los parámetros que dan identidad al conjunto, ayudando a la optimización del proceso de digitalización, con información clasificada, apoyada en las imágenes de las estaciones escáner que dan valor al patrimonio.

Se enlaza la información recogida en el catastro al modelo BIM, actualizándolo y completándolo con la normativa, planes de protección e intervención en sus edificios singulares.

Se engloba la información necesaria para los futuros planes de desarrollo. Creando las bases para un catastro BIM, conectando el modelo con distintas bases externas, enriqueciendo el intercambio y actualización de la información, asentando las bases de Smartcity.

### **1.2. Impacto social**

Tras un estudio pormenorizado del estado actual de la ciudad, se planifican distintos proyectos de desarrollo de recuperación y mejora del espacio urbano, rehabilitación de edificios singulares y puesta en valor de bienes culturales.

Se crean recorridos en modelos virtuales de los espacios proyectados, videos 360 con las imágenes tomadas, haciendo participe al ciudadano de la remodelación de la ciudad y creando consciencia del valor patrimonial de la misma.

La información y geometría creada virtualmente, será base de apoyo para distintas plataformas turísticas que se están desarrollando actualmente y se alimentaran de forma bidireccional en el modelo. Sirviendo además de intercambio, con plataformas de seguridad, optimizando la geolocalización y gestión de esta.

### 1.3. Impacto económico

El impacto económico principal, viene directamente relacionado con los puntos descritos anteriormente, una remodelación urbana, la valoración del patrimonio y el desarrollo de distintas aplicaciones móviles dan a Ayacucho un nuevo valor turístico.

Se aprovecha el modelo, para crear distintas simulaciones de análisis de opciones más eficientes de intervención urbana, estudiando la repercusión en el tráfico por cortes de calles en obras, sostenibilidad en la intervención de fachadas y el impacto de los nuevos elementos urbanos.

Se crea además un sistema de mantenimiento en el patrimonio intervenido y se aprovecha el modelo BIM para planificación, mejorando el control de costes y plazos a la administración.

## 2. Proceso

Tabla 1. Tabla Tipo. Planificación digitalización. Fuente propia (2017)

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Estrategia	■								
TomaUAV+MM	■								
TomaP40		■	■						
Procesad Nube		■	■						
Catalogo	■	■							
LOD100		■	■	■					
LOD200			■	■	■	■			
LOD300				■	■	■	■		
LOD400						■	■		
Informaciónurbana				■	■	■	■		
Visores		■							
VR				■		■	■		
RCP+Modelo							■		
Proy.Rehabilitación								■	■
Aplicaciones								■	■
CatastroDigital								■	■

### 2.1. Toma de datos. Captura y procesamiento de nubes de puntos

Para crear el modelo virtual en analogía con la realidad, se captura con tres medios:

UAV DJI Inspire, que aporta la información necesaria de las cubiertas de la ciudad y los patios interiores.

Mobile mapper(MM) Leica Pegasus TWO, que permite obtener datos en 3D de calidad e imágenes de alto rango dinámico (HDR).

Estación Laser P40, con mayor definición en elementos que lo precisen, así como los datos no accesible de otra forma (obras, zonas peatonales...) con esta tecnología obtendremos la geometría e imagen del estado actual en exactitud.

Dichas nubes son tratadas en cyclone, software que ayuda a ensamblar los distintos escaneados y crear un documento único, para poder modelarlo con una precisión milimétrica.

Se crea un as-built parametrizado que sirve de base para cualquier actuación futura, tanto de reforma como de gestión del edificio, convirtiendo esta información en un modelo BIM.

El UAV DJI Inspire I dotado de una cámara Zemusse X3 ha realizado una planificación de vuelos cenitales para cubrir la zona a capturar con un total de 11 vuelos de altura media sobre el terreno de 100m y un solape entre imágenes >80%, registrando un total de 3.918 imágenes. Se ha procesado una superficie total de algo más de 282 ha, obteniéndose un GSD de 4.62 cm.

Con las imágenes registradas, se ha realizado un procesamiento con el software PIX4D para la obtención de una nube de puntos mediante correlación de imágenes. Éstas, durante el vuelo han sido georreferenciadas mediante el sistema GPS del dron, para garantizar el correcto ajuste a la nube de puntos obtenida con otros sistemas, utilizando una serie de puntos de control.

En este caso se han utilizado 17 puntos repartidos sobre la superficie registrada, fácilmente identificables, cuyas coordenadas se han obtenido directamente de la nube de puntos ajustada del MM.

El Laser Escáner P40 junto la cámara iStar, se ha complementado para la obtención de un mayor detalle en las zonas relevantes. Con este sistema se pudo realizar la toma de datos de manera estática, registrando hasta 1.000.000 de puntos por segundo, con un alcance máximo de 120 m alrededor del punto de estacionamiento, en condiciones óptimas con el horizonte despejado.

Para obtener una calidad de nube de puntos adecuada a la finalidad del proyecto, se realizan escaneos cada 20-30 metros, aumentando en plazas, arcos o monumentos donde existen elementos que requieren un mayor nivel de detalle.



Fig. 2 Nube de puntos UAV, Ayacucho. Fuente propia (2017)

Con el MM, se ha realizado una toma de datos en dinámico en tres sesiones de medición a lo largo de dos días. Con una planificación previa, para minimizar el número de cruces en intersecciones de calles a registrar y una antena de referencia GNSS registrando datos para el posterior cálculo de la trayectoria, realizada con el software Inertial Explorer v8.70 (Novatel).

Se dividieron las tres sesiones en distintos tracks, de esta forma, se podía segmentar la información total registrada, consiguiendo unos valores y desviación estándar para un punto seleccionado en un entorno urbano. Se estudió la exposición y balance de blancos de las siete cámaras utilizadas por el sistema, para generar una cúpula completa con un perfilómetro a una frecuencia de rotación de 200 Hz.

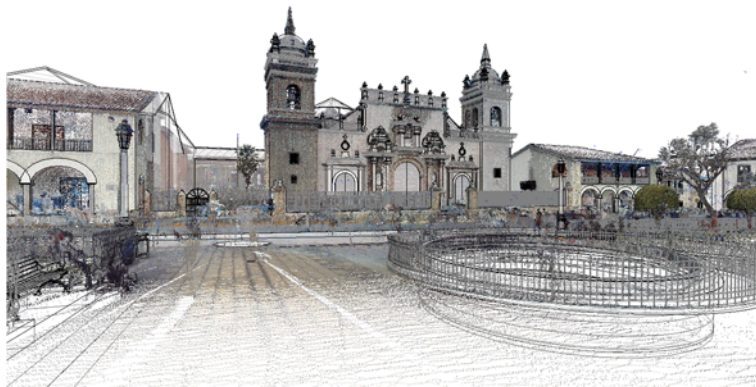


Fig.3 Modelado con nube, Ayacucho. Fuente propia (2017)

Para la extracción y sincronización de la unidad de medición inercial, las siete cámaras del sistema, los datos GNSS y el registro de puntos realizado por el láser escáner, se ha utilizado el software de Leica Pegasus AutoP. Con este procedimiento obtenemos las imágenes de cada cámara, así como las imágenes esféricas generadas y la nube de puntos resultante del perfilómetro.

Debido a las derivas del sensor inercial y las características del horizonte GNSS en un entorno urbano, la trayectoria calculada presenta diferencias en puntos intersección, se procede a analizar las nubes generadas y a su ajuste tridimensional.

Se utiliza como base de partida, un track situado en la zona central registrada, fijando su posición y ajustando los demás. Garantizando así, la homogeneidad geométrica de las distintas nubes y la inexistencia de desviaciones por encima de los 20 mm. Una vez realizado el ajuste, se procede a comprobar la precisión.

Con este proceso finalizado, preparamos un recorrido 360 con la imagen real captada de las cámaras, visores SIG, ArcGIS y Pegasus para explorar las imágenes e información actualizada y una base de datos con millones de puntos, que dan información sobre las dimensiones y geometrías de forma precisa, que, junto con los materiales de las imágenes, serán la base para el modelado BIM.

## 2.2 Estrategia y Modelado

Cuando hablamos de BIM, necesitamos coordinar un trabajo colaborativo, clasificar su nivel de definición y estandarizar una metodología.

Junto a la toma de datos in situ, se crea una base de datos del catastro, se registran los elementos identificativos de la ciudad y se crea un sistema de clasificación para el levantamiento digital.

Son muchas las clasificaciones que se han hecho sobre el nivel de definición BIM, por ello adjuntamos una breve descripción sobre algunas bases.

En nuestros proyectos de construcción clasificamos:

LOD100 Diseño de concepto, análisis y estudios previos; LOD200 Diseño esquemático para anteproyectos; LOD300 Diseño detallado para proyecto básico; LOD350 Documentación para proyecto de ejecución; LOD400 Fabricación y montaje para planos de obra; LOD500 As-Built.

Partiendo de este concepto, nos apoyamos en la clasificación de cityGML para proyectos urbanos, los cuales se clasifican en

LOD0 región geográfica prácticamente 2D en el que se representa el terreno con mallas o masa;

LOD1 Ciudad. Bloques simplicados geoméricamente, volúmenes representativos para entender el entorno;

LOD2 zona urbana, se le aplican algunos materiales y se diferencian elementos constructivos generales;

LOD3 modelos arquitectónicos exteriores, detallando elementos de huecos;

LOD4 modelos arquitectónicos interiores configurando elementos interiores a fachada.

Tomando como punto de partida las clasificaciones descritas anteriormente, creamos una clasificación URBIM para el levantamiento de ciudades que se divide en:

LOD 100 para masas y bloques sencillos sin definición, con información general urbana de manzana y sector.

LOD 200 para modelado de elementos arquitectónicos generales con definición de huecos reales sin detalle y materiales catalogados, aparece información de aéreas y volúmenes, calle, parcelas y numeraciones.

LOD 300 con detalle y clasificación en huecos con elementos de carpinterías y relieves principales de cornisas y pórticos, se añaden elementos secundarios de rejas, mobiliario urbano con un detalle

simplificado, contiene información catalogada de elementos en fachada, hipervínculos, protección y materiales diferenciados.

LOD 400 añadimos definición a carpinterías, mobiliario urbano y elementos constructivos secundarios, aparece todos los elementos de relieve. Aparece en este punto parámetros dependientes a bases de datos históricas, administrativas y otras aplicaciones.

LOD500 pertenece a la categoría as-built con la sincronización total de catastro y normativa, estudios de patologías y elementos de detalle minuciosos y sincronización con aplicaciones big data.

En el modelo de Ayacucho se ha completado todo el casco histórico con un LOD 300. Que se eleva a un LOD400 en los elementos más representativos. Se ha usado un LOD 100 en el interior de algunas de las manzanas que por pertenecer a uso privado no aportaban valor a la intervención urbana y solo se ha completado con la toma de datos del Dron.

Tabla 2. Tabla Tipo. Elementos singulares para catalogo urbano

Sctr	Mnz	Prc	Tipo	Ventana PB	Ventana PP	Elemento en ventana	Balcon	Puerta	Elem puerta	Material zocalo	Material PB	Material PP	Elementos singulares	Imagen
4	38	10	Viv	Rectangular	Rectangular	PB:Contrav+Reja PP:Contrav	No	2Hojas mader arco	No	Mortero+ Pintura roja	Mortero+ Pintura blanca	Mortero+ Pintura blanca	Contraventanas	Server4s
4	38	17	Viv+Com en PB	No	Rectangular	Celosías	Sí	2Hojas mader	Dintel rejas	Piedra	Mortero+ Pintura blanca	Mortero+ Pintura blanca	Balcones, dintel	Server4s
4	38	22	Hotel	Rectangular	Rectangular	PB:Celosiá	Sí:Lamas	2Hojas cristal 2Hojas mader/ 4Hojas mader	Dintel	Piedra	Piedra	Mortero+ Pintura blanca	Basamento y lamas	Server4s
4	38	25	Viv+Com en PB	Rectangular	Rectangular	Celosías	No	2Hojas mader	No	Mortero+ Pintura naranja	Mortero+ Pintura amarilla	Mortero+ Pintura amarilla	Carpinterías y Detalles en blanco	Server4s
8	72	12	Viv+Com en PB	-	Abatible 2Hojas	Contraventanas	Blaustre mader	Abatible 2 Hojas	Rejas	Enfoscado Marron	Pintura Marron	Pintura Marron	Portico piedra	Server4s
8	72	13	Viv+Com en PB	-	Abatible 2Hojas	-	-	Abatible 2 Hojas	Rejas	Revest verde	Pintura Amarillo	Pintura Rosa	-	Server4s
8	72	14	Viv+Com en PB	-	Abatible 2Hojas	Contraventanas	Blaustre mader	Abatible 2 Hojas	Rejas	Enfoscado Verde	Enfoscado Rosa	Pintura Rosa	-	Server4s
8	72	15	Viv+Com en PB	-	Abatible 2Hojas	Contraventanas	Hormigon	Abatible 2 Hojas	Rejas	Piedra	Pintura Blanca	Pintura Blanca	Portico Ladrillo	Server4s
8	72	20	Comercio	-	Abatible 2Hojas	-	-	Persiana	-	-	Piedra	Pintura Amarilla	Portico piedra	Server4s
8	73	1	Viv+Com en PB	Abatible 2Hojas	Abatible 2Hojas	Contrav y rejas	Blaustre celosia mader	Abatible 2 Hojas	Rejas	Pintura Roja	Pintura Amarilla	Pintura Amarilla	Cornisas blancas esquina mader	Server4s
8	73	2	Viv+Com en PB	Abatible 2Hojas	Abatible 2Hojas y cartelones	Rejas	Blaustre metalico	Abatible 2 Hojas	-	Pintura Roja	Pintura Amarilla	Pintura Amarilla	Cornisas blancas carpinterias rojas	Server4s
8	73	3	Camara com	-	Abatible 2Hojas	Rejas	Blaustre mader	Abatible 2 Hojas	Rejas	Pintura Roja	Pintura Rosa	Pintura Rosa	Porton principal embocaduras amarillas	Server4s
8	73	4	Viv+Com en PB	-	Abatible 2Hojas	-	Metalico	Abatible 2 Hojas	Rejas	Pintura Marron	Pintura Amarilla	Pintura Amarilla	-	Server4s
8	73	5	Viv+Com en PB	Corredera 2Hojas	3Hojas	Rejas	Blaustre mader	Persiana Corredera	-	Pintura Gris	Pintura Roja	Pintura Roja	Cornisas blancas	Server4s

Una vez clasificado el detalle necesario, se ha investigado el catastro de Ayacucho y se han trasladado nomenclaturas, manzanas, calles...a una base de datos que se incluirá en el modelado según definición, clasificado por sectores que recoge toda la información necesaria de la identidad de los edificios de Ayacucho. Materiales, usos, edificios singulares, elementos e imágenes por parcela, manzana y sector. Se crea un documento de coordinación que recoge los estándares que van a marcar todo el proceso de trabajo. Con los distintos parámetros de información necesaria, nomenclaturas de los objetos y planificación prevista.

Con esta clasificación, comienza a generarse el catálogo digital con los tipos de elementos que componen una ciudad identificados en el estudio previo que serán necesarios para el posterior modelado. Una vez procesada y montada la nube de puntos se comienza el modelado de la ciudad.

Se comienza con modelado LOD200 de la geometría principal de fachadas basada en la nube de puntos MM, de tal manera que se pueda sacar información sobre áreas y las principales dimensiones a nivel urbano, se comienza desde la plaza de armas, corazón de la ciudad, y se sigue una estrategia en anillos

radial para completar el sector, una vez cerrada las fachadas se modela con menor detalle el interior de manzana y se cierran las cubiertas, culminando la Fase 1.

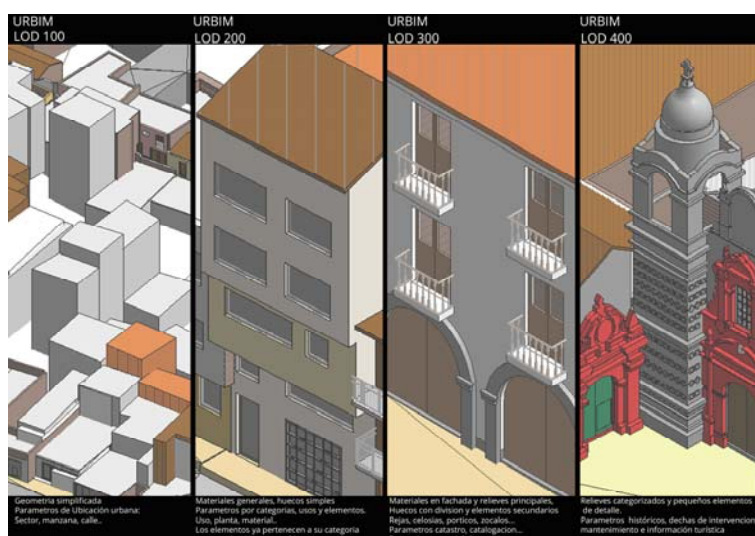


Fig.4 LOD URBIM Fuente propia (2017)

Una vez comienza el segundo anillo, el equipo de modelado se divide, por una parte se seguirá completando el sector hasta su totalidad y otro equipo comienza a subir el nivel de detalle a LOD300 desde plaza de armas siguiendo el mismo crecimiento radial, diferenciando colores y acabados, sin llegar al detalle de texturas reales, en esta fase se identifican los iconos más representativos que se harán en LOD400, relieves de fachadas, campanarios, esculturas...simplificado en los elementos decorativos que necesitaban ser modelados por su singularidad sin llegar a un detalle de artesanía.

En los elementos más representativos de la ciudad, que requerían un detalle más preciso con una geometría orgánica, como la escultura del caballo de plaza de armas, ornamentos en fachadas republicanas...se ha requerido usado 3DReshaper para generar objetos digitales con mallas generadas desde la nube de puntos y se han insertado con obj en el programa de modelado.

Todos los elementos del modelo cuentan con información propia geométrica, relevante a recuento y mediciones, se ha catalogado y añadido parámetros de materiales con una carta de colores local para cada elemento, añadiendo valor a las fases posteriores de intervención, normativa y aplicaciones VR.

Se ha creado un listado de parámetros de información de catastro, registro y normativa. Toda esta información se puede ir ampliando en el modelo creando nuevos parámetros de distintas bases de datos para tenerla geolocalizada y clasificada según los usos del propio modelo en distintas áreas. Se ha combinado con parámetros de trabajo y de distintas áreas potenciales que pueden hacer uso del modelo.

Toda esta información, consigue vincular distintas bases de datos propias del modelo, enlaces externos webs y otros softwares vinculados al modelo a través de Dynamo y/o programación, según el caso, para sincronizar las modificaciones e ir alimentando el modelo digital. Además, la estructura de la información procedente del modelo ha sido exportada a otros formatos de consulta en tablas y bases de datos, para enriquecer y hacer una mejor gestión del modelo para catastro, intervenciones técnicas y gestión de la información urbana, sincronizando la información en una interfaz mucho más visual e intuitiva.

Al intervenir en un casco histórico en una ciudad tan monumental, se le dió importancia al patrimonio y a la protección de los elementos arquitectónicos. Se añadieron parámetros propios de esta área que sirvieran para planes de mantenimiento, estudios patológicos e intervención. En este campo se va a estudiar y coordinar las posibles soluciones comerciales ya estandarizadas como PetroBIM, para el estudio patológico y la restauración de las arquerías Sur de principios del s. XIX como proyecto inicial.



### 3.3. Patrimonio

Ha tenido gran repercusión la catalogación de elementos urbanos para la valoración y protección del patrimonio, creando una base de datos única con toda la información relevante al estado actual del centro histórico, y creando una estandarización para completar futuras intervenciones, estados y fechas, que es utilizada por patrimonio y cultura para registro, protección y mantenimiento. Además de ser un excelente apoyo en caso de deterioro, restauración o reposición de elementos singulares teniendo una reproducción digital fidedigna.

Gracias al valor añadido generado por el escaneado y modelado de fachadas de edificios patrimoniales, se ha puesto en marcha un plan de escaneado y modelado BIM interior para el registro y gestión patrimonial de las iglesias más representativas de la ciudad.

Se valora, un seguimiento del estado de algunas estructuras a través de comparativas con nubes de puntos y los beneficios de estudios patológicos en BIM con la intervención de las Arquerías Sur de la Alameda Valdelirios.

### 3.4. Facility Management

Aprovechando el levantamiento digital de distintos edificios patrimoniales, se van a establecer parámetros para realizar un sistema de gestión patrimonial, para su conservación y mantenimiento. Al igual, que en las intervenciones de rehabilitación de fachadas en el casco histórico, que llevarán información para crear planes programados de mantenimiento.

Se detectan dos problemas principales en Ayacucho:

El soterramiento de cableado, proyecto, donde se plantean soluciones colaborando con la empresa telefónica para la digitalización del nuevo trazado.

El sistema de pluviales está siendo renovado, debido a las inundaciones sufridas en épocas de lluvias. Este trazado, deberá estar modelado en BIM en la intervención de pavimentos de las próximas calles rehabilitadas, obteniendo información precisa de la localización, información técnica y registro de las redes para futuros planes de mantenimiento.

### 3.5. Impresión 3D

Se está optimizando el modelo para la impresión 3D de maquetas de la ciudad, para un evento conmemorativo en el mes de junio. Se estudian también, posibilidades de impresión con chocolate, para aprovechar el evento y enaltecer el valor de este producto local.

### 3.6. VR y AR

Se han creado distintas plataformas de inmersión virtual aprovechando las imágenes tomadas y el modelo, añadiendo valor turístico con experiencias virtuales y generando información más accesible para conocer la historia del lugar en aplicaciones digitales. Además, se han creado distintos recorridos de interés, que serán apoyados de la información generada y podrán ser recorridos tanto física como virtualmente.

Ha tenido gran acogida la elaboración de espacios virtuales en nuevos proyectos en el entorno histórico, valorando y analizando el impacto de las opciones presentadas de una manera más intuitiva para la administración y con una documentación más clara.

Se está estudiando la reconstrucción virtual de un templo ya desaparecido, así como la zona de ruinas de Wari y Pickimachay para la inmersión en realidad aumentada insitu.

Además, de colaborar en distintas aplicaciones ciudadanas, aportando más detalle de los mapas interactivos, big data con sensores y añadiendo otras informaciones útiles para el ciudadano, que no habían sido contempladas en la propuesta original del levantamiento digital.

### 3.7. Planificación urbana y simulaciones

Otra de las ventajas que podemos conseguir con la digitalización de una ciudad, son las simulaciones virtuales para estudiar y analizar distintas situaciones.

Las simulaciones realizadas actualmente, han sido más visuales como evaluación de distintos software como Infracore y Mass Motion. Se tienen presentes como herramientas para el estudio de tráfico en la planificación de las distintas obras a realizar en el casco histórico y el impacto temporal del corte de algunas calles.

Así, como el análisis de inundaciones, problema en el que se ve afectado esta ciudad en época de lluvias y que puede aportar datos para solventarlo de una manera más eficiente.

Por último, recurrimos a simulaciones energéticas y se aconseja solicitar planificación de obra BIM, en los proyectos de las nuevas intervenciones arquitectónicas realizadas, aprovechando la administración sus beneficios.

## 4. Conclusiones

Consideramos las Smartcities una red de redes, extrapolando nuestro trabajo BIM en edificación como base de Smart building a una escala urbana. En el mundo del big data, iot, gis, VR y AR, BIM es el puente.

La necesidad de toma de datos masiva para valorar el patrimonio y ejecutar distintas intervenciones urbanas se ha solventado con las herramientas de nubes de puntos, creando una inmersión precisa en un corto plazo de tiempo y facilitando el trabajo colaborativo de equipos en ubicaciones distintas.

La digitalización de la ciudad ha sido una herramienta esencial para enlazar bases de datos de distintos orígenes geocalizándolas y clasificándolas de manera que la consulta y análisis de datos a través de distintas plataformas sea mucho más ágil e intuitiva.

La posibilidad de catalogación y reproducción virtual de los elementos históricos ha contribuido en el registro, análisis y valoración de los bienes culturales de una manera exponencial. Además, al incluir parámetros de patrimonio se ha enriquecido la gestión de este y ha facilitado una planificación en su mantenimiento y una base de datos que ayuda a la protección, el control y las normativas aplicadas.

Aunque aún son teóricos para la administración los estudios con simulaciones virtuales ahora son una herramienta posible para el análisis de soluciones más eficaces y un ahorro a largo plazo en los costes generales.

Se han creado nuevas líneas de colaboración con plataformas interactivas y aplicaciones móviles, así como los distintos usos de impresiones 3D.

Por último, destacar los distintos usos de VR y AR derivados del modelo, tanto para mejoras turísticas aplicaciones interactivas y reconstrucciones virtuales de épocas históricas, como para consultas técnicas sobre bases de datos o visualización e impacto de nuevas intervenciones.

## 5. Referencias

AL SAYED, K. Y OTROS, 2013. Modelling dependency networks to inform data structures in BIM and smart cities.

BUILDING SMART, 2014. BIM Building Smart. [En línea] Available at: <http://www.buildingsmart.es/bim/>

KOLBE, T. H., 2009. Representing and exchanging 3D city models with CityGML. 3D geoinformation sciences. Springer Berlin Heidelberg, pp. 15-31.

MÅNSSON, U., 2015. BIM & GIS connectivity paves the way for really Smartcities. Perspektiv n. 25, pp. 20- 23.

NERI GORDI, F., 2015. Facility Management y Smart Cities. [Entrevista] (30 11 2015). Open Geoespacial Consortium, 2016. OGC Standards. [En línea] Available at: <http://www.opengeospatial.org/docs/is>

QUESADA, S. & PULIDO, A. L., 2012. Smart City: hacia un nuevo paradigma en el modelo de ciudad. Greencities&Sostenibilidad, pp. 6-8.

SMARTCITY EXPO WORLD CONGRESS, 2016. FM&BS. [En línea] Available at: <http://www.smartcityexpo.com/en/fmbs>

SMART CITY FRAMEWORK – Guide to establishing strategies for smart cities and communities. BSI Standards Publications. PAS 181:2014. Feb. 2014. <https://aecmag.com/comment-mainmenu-36/1293-mapping-the-future-of-smart-cities?platform=hootsuite>

## Geolocalización y generación automática de emplazamientos a través de servicios y datos de plataformas gubernamentales mediante la API de Autodesk® Revit™

**Abellán Alemán, José María<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>Director de proyecto de BiMMate– jm.abellan@BiMMate.com

---

### **Abstract**

*A coordination system between land register and title plans has been laid down according to mortgage regulation, so that title registers include graphical geo-referenced descriptions, using as the basis the title maps register. The main purpose herefrom is to provide more precise data dealing with the location, boundaries and area of the title register that are of great importance for the legal realm. The abovementioned is, in fact a problem normally faced by project designers since they are obliged to localize geographically the project, as well as its boundaries and they have to create a GML file that should be included in the “New Construction Deed”.*

*The aforementioned problem is the key issue for this report, which deals with BIM and the development of applications that allow:*

- *To provide geo-referenced data in the project according to the title plan.*
- *To include title plans and aerial photography as extra data for the project.*
- *To create topographical maps from digital models of the land.*
- *Automate modelling of buildings in the surrounding area.*
- *Generate the GML file.*

**Keywords:** *Application, georeferencing, digital model, GML, toposurface, parcel, building, map*

---

### **Resumen**

*La ley hipotecaria y la ley del catastro inmobiliario establecen un sistema de coordinación entre catastro y registro de la propiedad, para que éste incorpore la descripción gráfica georreferenciada de las fincas registrales, utilizando la cartografía catastral al objeto de dar mayor seguridad a los datos de ubicación, delimitación y superficie de las fincas registrales que son objeto del tráfico jurídico. Ésto se traslada, habitualmente, a los proyectistas en forma de problema por cuanto quedamos obligados a geolocalizar el proyecto y sus linderos para generar un archivo en formato GML que incluir en la declaración de obra nueva. El problema descrito es el punto de partida de la presente comunicación, que trata los flujos avanzados de trabajo BIM y el desarrollo de las aplicaciones que permitan:*

- *Geolocalizar el proyecto a partir de la referencia catastral.*
- *Insertar mapas catastrales y ortofotografías como ayudas al proyecto.*
- *Generar superficies topográficas a partir de modelos digitales del terreno.*
- *Levantar automáticamente las parcelas y edificios de la zona.*
- *Generar el archivo GML para el informe de validación gráfica del catastro.*

**Palabras clave:** *Aplicación, geolocalización, modelo digital, GML, topografía, parcela, edificio, mapa*

---

## Introducción

La georreferenciación de un modelo es una tarea importante que debe acometerse en las primeras etapas de cualquier proyecto para que se pueda extraer información con la que completar las bases de datos gubernamentales (Catastro), de cara a contar en un futuro próximo con datos de calidad con exactitud posicional.

Desafortunadamente, y dependiendo de la escala del proyecto en el que se trabaje, no siempre se dispone de levantamientos topográficos georreferenciados que incorporar al modelo BIM. Del mismo modo, es útil para el proyectista poder superponer de manera rápida y precisa ortofotografías o mapas sobre las vistas en planta del modelo para poder incorporarlas a los planos de situación, y, por análogo motivo, suele ser conveniente disponer de modelos tridimensionales del entorno de la intervención (terreno y edificios) para estudiar el impacto de la propuesta en el medio.

En esta comunicación nos centraremos en cómo automatizar estas tareas utilizando la API de Revit™ de Autodesk® a partir de un dato que se conoce desde el principio, la referencia catastral de una parcela. Veremos cómo es posible conectarse con las bases de datos gubernamentales públicas para ayudarnos en la georreferenciación de un proyecto, aprovecharnos de los mapas e imágenes disponibles como servicio online basados en la directiva europea INSPIRE, generar modelos digitales del terreno de diferente resolución e incluso la recreación de los edificios en tres dimensiones.

## 1. Contenido

Con la API (*Application Programming Interface*) de Revit™ de Autodesk®, se pueden desarrollar tareas que automatizan procesos largos y/o complejos. En esta ponencia nos vamos a centrar en la interconexión de esta plataforma BIM con otras plataformas y datos gubernamentales como la Dirección General del Catastro o el Instituto Geográfico Nacional, para automatizar tareas relacionadas con la georreferenciación, obtención de datos catastrales, inserción de mapas e imágenes aéreas, creación automática de topografías a partir de los Modelos Digitales del Terreno existentes en España e incluso el levantamiento en 3D de los edificios de la ciudad. Todo ello debe considerarse una ayuda al proyectista que es quien, en último término, debe valorar las imprecisiones que estas bases de datos gubernamentales pueden introducir en el modelo BIM, pero que, en cualquier, caso deben conocerse y que suponen una notable ayuda.

Por su fin diferenciado, se ha optado por dividir la ponencia en cuatro áreas temáticas: La obtención y almacenamiento de datos catastrales para la georreferenciación del proyecto, la obtención de mapas e imágenes digitales procedentes de diversas fuentes y su inserción en el proyecto, la obtención de datos topográficos procedentes de la Infraestructura de Datos Espaciales de España, y, la generación de los edificios de una zona sobre la topografía a partir de los datos GML obrantes en la base de datos del Catastro.

### 1.1. Sobre la georreferenciación utilizando los servicios de la Dirección General del Catastro

La Dirección General del Catastro proporciona una serie de servicios web (Dirección General del Catastro, 2018) que permiten la consulta de la información catastral. Dichos servicios incluyen la consulta de datos catastrales (tanto protegidos como no protegidos), la actualización de datos jurídicos, y cartografía catastral. La sede electrónica de esta Dirección General ha puesto a disposición de los ciudadanos un documento explicativo de los servicios web libres que ofrece, entre los que se incluye el listado de provincias, municipios, vías de un municipio, datos catastrales no protegidos a partir de diferentes identificaciones y conversor de coordenadas. Los datos se pueden obtener a través de consultas de diversos tipos (Dirección General del Catastro, 2018) que se formulan con el protocolo estándar SOAP (Wikipedia, 2018).

En BiMMate hemos optado por realizar dos tipos de consultas:

- Una consulta DNPRC (Dirección General del Catastro, 2018), servicio de consulta de datos no protegidos para un inmueble por su referencia catastral. En términos generales se trata de hacer

una petición a un servicio web indicando una serie de parámetros, como la provincia, el municipio y la propia referencia catastral. El resultado devuelto es una cadena en formato XML (Wikipedia, 2018) que puede procesarse y de la que se obtienen diversos valores.

- Una consulta CPMRC (Dirección General del Catastro, 2018), servicio de consulta de coordenadas por provincia, municipio y referencia catastral. Se trata de una consulta que devuelve las coordenadas X e Y de un punto interior de la parcela denominado centroide, en el sistema de referencia en el que está almacenado el dato en la DGC.

En nuestro caso hemos procedido a crear una nueva clase C#, a la que hemos denominado 'ParcelaCatastral', que contiene una serie de propiedades internas para almacenar valores intermedios, un constructor que realiza las consultas mencionadas a la DGC, y una serie de métodos públicos que devuelven los resultados de las peticiones realizadas a partir del procesamiento de las dos cadenas XML devueltas y almacenadas en las propiedades internas.

El método constructor es el que instancia la clase a partir de la cadena con la referencia catastral, la cual es conveniente almacenar en el proyecto o en un archivo externo para su posterior consulta: utilizar el almacenamiento extensible (Autodesk, 2017) de Revit es, en nuestra opinión, el mejor procedimiento. Se trata de almacenar datos no gráficos en una entidad de datos basada en un esquema que podría colgar, por ejemplo, de la información de proyecto. Si bien podría pensarse en almacenar cada dato devuelto en un campo distinto de la entidad de datos, la eventual modificación futura de la aplicación que permitiera incluir nuevos campos desaconseja tal opción, ya que no pueden coexistir en el mismo proyecto dos esquemas de datos iguales con diferente estructura. Parece más razonable, entre otros motivos por su ahorro en términos de coste de procesamiento y su escalabilidad, almacenar directamente la instancia de la clase 'ParcelaCastral' en un único campo de la entidad de datos, para lo cual se precisa serializarla en algún formato, ya sea JSON (Wikipedia, 2018) o XML (Wikipedia, 2018). Si se opta por la primera estructura de datos, el método C# podría ser el siguiente, siendo 'ObjetoASerializar' la instancia de la clase

Código 1. Fragmento de código C# para serializar un objeto en el formato JSON. Año 2018. Fuente BIMMate

```
Newtonsoft.Json.JsonConvert.SerializeObject(ObjetoASerializar);
```

'ParcelaCatastral':

Con las consultas anteriores es posible obtener y almacenar la información completa de la parcela, su localización y las coordenadas de su centroide. En definitiva, lo que estamos almacenando es una especie de GML (Dirección General del Catastro, 2018) de la parcela, pero con más información relevante para el proyecto que la que específicamente incorpora el estándar GML (Wikipedia, 2016) implementado por la DGC.

Desafortunadamente la Dirección General del Catastro no ofrece ningún dato sobre la altura del emplazamiento. Para obtenerlo hay que proceder de manera similar, pero sobre un servicio web del Instituto Geográfico Nacional: el servicio web de coberturas o WCS (Instituto Geográfico Nacional, 2018). En el ejemplo siguiente 'Elevación' es una variable de tipo double, 'ClienteWEB' es una nueva instancia de la clase 'webclient' que se encuentra en el espacio de nombres 'System.Net', y 'URLBase' es la dirección web de la consulta al IGN:

Código 2. Fragmento de código C# para obtener la elevación de un punto desde el servicio WEB del Instituto Geográfico Nacional

```
Elevación = double.Parse(
    ClienteWEB.DownloadString(URLBase)
    .Split(new string[] { "\n", "\r\n" }, StringSplitOptions.RemoveEmptyEntries)
```

Debe tenerse en cuenta que la elevación se obtiene de otra fuente distinta que los datos de la georreferenciación (aunque teóricamente deben coincidir), y que procede de un modelo digital del terreno de escasa resolución (paso 25 m), por lo que debe considerarse como una ayuda al proyectista y no como un elemento de precisión (en nuestra experiencia hay variaciones de  $\pm 5$  m, inferiores, en todo caso, a las obtenidas con Google  $\pm 12$  m).

El único paso restante es modificar ciertos parámetros y elementos del modelo para coordinarlos con la información obtenida.

## 1.2. Sobre la obtención e inserción de mapas e imágenes digitales

Resuelto el problema de la geolocalización se abren extraordinarias posibilidades aprovechando la ingente cantidad de datos georreferenciados de origen gubernamental (estatal y/o autonómico).

Por ejemplo, la DGC dispone de un WMS (Wikipedia, 2017) al que se le pueden solicitar mapas catastrales de diferentes épocas. Análogamente el IGN dispone del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea que funciona también como servicio web y que es capaz de devolver una imagen aérea de cualquier zona del territorio nacional. En ambos casos el resultado es una imagen digital, un mapa de bits, que puede almacenarse en una matriz de datos binarios de la siguiente manera:

Código 3. Fragmento de código C# para almacenar el contenido de una imagen de mapa de bits. Año 2018. Fuente BiMMate

```
byte[] DatosDeLaimagen = ClienteWEB.DownloadData(URL);
```

Siendo '*ClienteWEB*' una nueva instancia de la clase '*webclient*' y '*URL*' la dirección del servicio web requerido incluyendo los parámetros de la solicitud. Así, por ejemplo, si quisiésemos obtener el mapa catastral de la referencia 4056306XH6745E, correspondiente al Ayuntamiento de Yecla, en la Región de Murcia, entre las coordenadas (663913.797392173,4275409.38677042) y (664019.744217911,4275510.28850921), en un tamaño de imagen de 625x595 píxeles, en formato JPEG, que incluya las capas parcelas, masas, subparcelas, construcciones y elementos lineales, en el sistema de referencia EPSG:326 y huso UTM 30, la petición tendría el formato:

Código 4. Fragmento de código C# para almacenar en una matriz binaria una imagen específica desde el servicio web

```
byte[] DatosDeLaimagen =  
    ClienteWEB.DownloadData(@"http://ovc.catastro.meh.es/Cartografia/WMS/ServidorWMS.aspx?VERSION=1.3.0&REQUEST=getmap&FORMAT=JPEG&SERVICE=wms&LANGUAGE=spa&LAYERS=parcela,masa,subparce,constru,elemclin&STYLES=&SRS=epsg:32630&TRANSPARENT=no&BGCOLOR=0xffff&EXCEPTIONS=xml&BBOX=663913.797392173,4275409.38677042,664019.744217911,4275510.28850921&WIDTH=625&HEIGHT=595");
```

... que produciría este resultado:



Figura 1. Mapa catastral. Año 2018. Fuente BiMMate

Análogamente, podríamos obtener una imagen digital del PNOA de máxima actualidad desde el IGN, entre las coordenadas (663923.829860655,4275413.56806612) y (664011.07507297,4275497.45769334), en un tamaño de imagen de 515x495 píxeles, en formato JPEG, en el sistema de referencia EPSG258 y huso UTM 30, con la siguiente expresión C#:

Código 5. Fragmento de código C# que almacenaría en una matriz binaria el contenido de una imagen específica del PNOA desde el servicio web del Instituto Geográfico Nacional

```
byte[] DatosDeLaImagen =
```

```
ClienteWEB.DownloadData(@"http://www.ign.es/wms-inspire/pnoa-
ma?VERSION=1.3.0&REQUEST=getmap&FORMAT=image%2fJPEG&SERVICE=wms&L
ANGUAGE=spa&LAYERS=oi.OrthoimageCoverage&STYLES=&CRS=epsg%3a25830&TR
ANSPARENT=no&BGCOLOR=0xffff&EXCEPTIONS=xml&BBOX=663923.829860655,427
5413.56806612,664011.07507297,4275497.45769334&WIDTH=515&HEIGHT=495");
```



Figura 2. Ortofotografía PNOA. Año 2018. Fuente BiMMate

El último paso restante, tras obtener la matriz binaria con los datos de la imagen y guardarla en disco, es proceder a su inserción en Revit, lo cual puede hacerse con el método siguiente:

Código 6. Fragmento de código C# para insertar una imagen en Revit™

```
public static void InsertarImagen(  
    Autodesk.Revit.DB.Document Documento,  
    Autodesk.Revit.DB.XYZ CentroDeLaImagen,  
    string Ruta,  
    double Anchura,  
    double Altura,  
    ushort Resolución)  
{  
    Autodesk.Revit.DB.ImageImportOptions OpcionesDeImportaciónDeImagen;  
    Autodesk.Revit.DB.Element Imagen;  
    OpcionesDeImportaciónDeImagen = new Autodesk.Revit.DB.ImageImportOptions();  
    OpcionesDeImportaciónDeImagen.Placement = Autodesk.Revit.DB.BoxPlacement.Center;  
    OpcionesDeImportaciónDeImagen.RefPoint = CentroDeLaImagen;  
    OpcionesDeImportaciónDeImagen.Resolution = Resolución;  
    Documento.Import(Ruta, OpcionesDeImportaciónDeImagen, Documento.ActiveView, out  
    Imagen);  
    Imagen.get_Parameter(Autodesk.Revit.DB.BuiltInParameter.RASTER_SHEETWIDTH).Set  
    t(Anchura / 0.3048000097536);  
    return;  
}
```

### 1.3. Sobre la obtención de datos topográficos procedentes de la Infraestructura de Datos Espaciales de España

Uno de los aspectos más atractivos de la conexión del software BIM Revit™ de Autodesk® con las plataformas y servicios web gubernamentales es la posibilidad de utilizar la IDEE (Consejo Superior Geográfico, 2018) del Consejo Superior Geográfico del Ministerio de Fomento del Gobierno de España, desarrollada legalmente en la Directiva Europea INSPIRE (Consejo Superior Geográfico, 2018) e incorporada al ordenamiento jurídico español mediante la LISIGE (Consejo Superior Geográfico, 2018). El MDE (*Modelo Digital de Elevaciones*) es el conjunto de los MDT (*Modelos Digitales del Terreno*) a nivel de suelo y de los MDS (*Modelos Digitales de Superficies*) que incluyen copa de árboles, edificios, viaductos, puentes, etc... Los MDT se obtienen mediante interpolación de modelos digitales del terreno de 5 m de paso de malla procedentes del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA). Existen varios MDT disponibles en el IGN: El MDT05, modelo digital del terreno con paso de malla de 5 m, el MDT25, modelo digital del terreno con paso de malla 25 m y el MDT200, modelo digital del terreno con paso de malla 200 m.

Si fijamos como objetivo la generación computacional de una superficie topográfica en el modelo BIM de Revit™, entonces necesitamos consultar los datos MDT (*que forman parte del MDE*). El principal problema que encontramos al integrar los datos MDT en Revit™ es el origen: Mientras que los MDT25 y MDT200 se sirven de dos maneras diferentes, como hojas de datos y como servicio web, el MDT05 sólo se sirve como hojas de datos. En BiMMate hemos desarrollado un método para obtener y procesar las diferentes hojas del

MDT05 en formato ASC que ofrece el IGN a través de su centro de descargas, de modo que pueda generarse una superficie topográfica del área deseada del modelo.

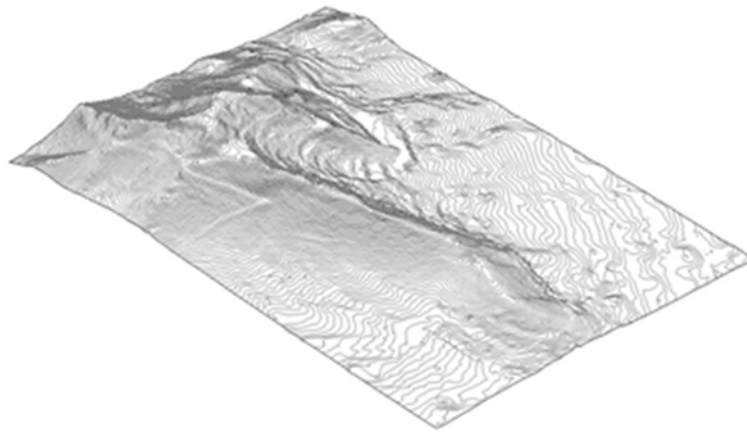


Figura 3. Topografía de Revit generada a partir del MDT05 del IGN. Año 2018. Fuente BiMMate

El problema aquí reside en que hay que procesar qué puntos de la hoja deben incluirse y cuáles no, además debe considerarse que de algunos nodos no existe un valor válido (*normalmente representado por -999*). Para dichos puntos lo adecuado es asignarles una coordenada Z igual a cero. Una vez obtenidos los datos, se procede generando una nube de puntos cuyas coordenadas X e Y se obtienen de un bucle que

Código 7. Fragmento de código C# para añadir un punto a la nube con la que se generará la superficie en Revit™

```
NubeDePuntos.Add(new
Autodesk.Revit.DB.XYZ(CoordenadaXBuscada,CoordenadaYBuscada,
CoordenadaZ*3.28084-
PuntoDeReconocimientoDelProyecto.get_Parameter(Autodesk.Revit.DB.BuiltInParameter.
BASEPOINT_ELEVATION_PARAM).AsDouble());
```

itera el área seleccionada, pero cuya coordenada Z se lee de los datos facilitados por el IGN:

En el ejemplo anterior '*NubeDePuntos*' es una lista con los puntos de la futura superficie topográfica, '*CoordenadaXBuscada*' es la coordenada X de la iteración actual sobre el área seleccionada, '*CoordenadaYBuscada*' es la coordenada Y de la iteración actual sobre el área seleccionada, '*CoordenadaZ*' es el valor obtenido del IGN, '*PuntoDeReconocimientoDeProyecto*' es el punto de reconocimiento del proyecto y '*BASEPOINT\_ELEVATION\_PARAM*' es el parámetro de coordenada Z del punto base/reconocimiento del objeto. La constante '*3.28084*' sirve para pasar los valores a pulgadas que es la unidad interna de Revit™.

El último paso consiste en, tras haber depurado la lista de puntos para que no existan elementos duplicados, generar la superficie topográfica en Revit™ dentro de una transacción pues se trata de una

Código 8. Fragmento de código C# para generar en Revit™ la superficie topográfica a partir de la nube de puntos

```
Autodesk.Revit.DB.Architecture.TopographySurface SuperficieTopográfica =
Autodesk.Revit.DB.Architecture.TopographySurface.Create(Documento,NubeDePuntos);
```

operación que modifica la base de datos del modelo:

En el código anterior 'SuperficieTopográfica' es una nueva instancia de la clase 'TopographySurface', 'Documento' es el documento actual de Revit™ donde se quiere crear el elemento, y 'NubeDePuntos' es la lista de puntos obtenida con los métodos descritos anteriormente.

#### 1.4. Sobre la generación de parcelas y edificios 3D en el modelo BIM a partir de los datos GML del Catastro

La Dirección General del Catastro incorpora otros servicios web además de los mencionados anteriormente y utilizados para la georreferenciación del proyecto en el apartado 1.1 anterior. Estos otros servicios se basan en la directiva europea INSPIRE y utilizan el formato estándar de intercambio GML. Existen dos tipos de objetos que pueden consultarse de un área geográfica y que están relacionados entre sí: las parcelas catastrales y los edificios.

En BiMMate hemos desarrollado un método que obtiene de la DGC los datos de las parcelas catastrales en formato GML del área deseada. Con dichos datos puede obtenerse el contorno de cada parcela catastral entre otra información (aunque no tan completa como las consultas DNPRC y CPMRC), a partir de los cuales puede generarse una subregión de la topografía con la información esencial de la parcela catastral que representa. Además, para cada parcela catastral se puede acceder a los datos de los edificios, también en formato GML, de modo que podemos saber el uso, el número de plantas, la superficie construida, etc. con los que generar computacionalmente los edificios.

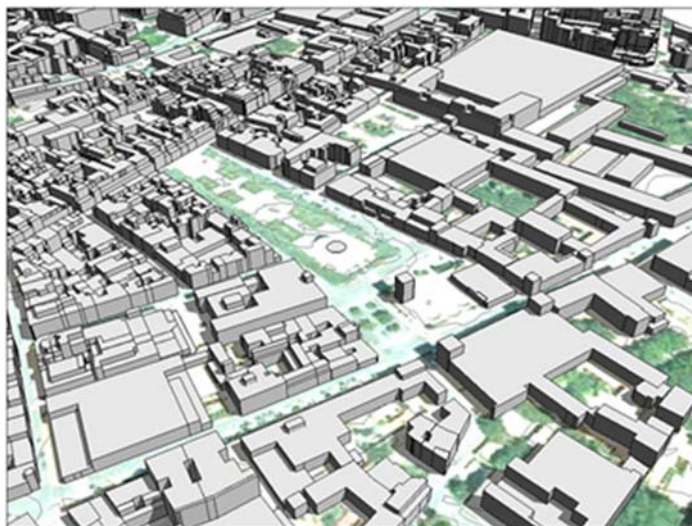


Figura 4. Emplazamiento de Revit generado a partir de los GML de la DGC. Año 2018. Fuente BiMMate

## 2. Conclusiones

Las capacidades y límites del BIM están, en general, aún por explorar en nuestro país, donde no puede hablarse siquiera de nivel de madurez al ser muy incipiente aún su difusión y adopción por los profesionales. Afortunadamente se trata de plataformas donde el usuario puede extender sus funcionalidades gracias a la implementación de las API, interfaces que brindan enormes posibilidades de optimización de sus flujos de trabajo. Como ejemplo de ello, esta comunicación ha evidenciado las posibilidades de Revit™ y su API para interconectar el software con datos procedentes de diversas fuentes gubernamentales en diferentes formatos, encaminadas a la georreferenciación de los proyectos, la inserción de mapas y ortofotografías aéreas, la creación de superficies topográficas a partir de modelos digitales del terreno y la generación automática del entorno.



Figura 5. Madrid. Año 2018. Fuente Ignacio Buendía

El contenido desarrollado en esta comunicación puede descargarse desde la web de BIMMate, siendo gratuita su utilización cumpliendo los requisitos fijados por la Junta de Gobierno del Colegio Oficial de Arquitectos de Murcia:

<https://m1.bimmate.com/magento1/downloads/dl/file/id/3327/Aplicaciones%20Revit.msi>

### 3. Referencias

- AUTODESK. (2017, Febrero 8). *Extensible Storage*. Retrieved from <https://knowledge.autodesk.com/search-result/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/Revit-API/files/GUID-113B09CA-DBBB-41A7-8021-005663B267AE-htm.html>
- CONSEJO SUPERIOR GEOGRÁFICO. (24 de Febrero de 2018). *Catálogo de metadatos*. Obtenido de <http://www.idee.es/csw-inspire-idee/srv/spa/catalog.search#/home>
- CONSEJO SUPERIOR GEOGRÁFICO. (24 de Febrero de 2018). *Español (LISIGE)*. Obtenido de <http://www.idee.es/espanol-lisige>
- CONSEJO SUPERIOR GEOGRÁFICO. (24 de Febrero de 2018). *Europeo (Inspire)*. Obtenido de <http://www.idee.es/europeo-inspire>
- DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO. (24 de Febrero de 2018). *Callejero de la sede electrónica del catastro*. Obtenido de <http://ovc.catastro.meh.es/ovcservweb/OVCSWLocalizacionRC/OVCCallejero.aspx>
- DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO (24 de Febrero de 2018). *Callejero de la sede electrónica del catastro*. Obtenido de [http://ovc.catastro.meh.es/ovcservweb/OVCSWLocalizacionRC/OVCCallejero.aspx?op=Consulta\\_DNPRC](http://ovc.catastro.meh.es/ovcservweb/OVCSWLocalizacionRC/OVCCallejero.aspx?op=Consulta_DNPRC)
- DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO. (24 de Febrero de 2018). *Generación GML Parcela Catastral*. Obtenido de <http://www.catastro.minhap.es/documentos/portal%20generacion%20GML.pdf>
- DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO (24 de Febrero de 2018). *OVCCoordenadas*. Obtenido de [http://ovc.catastro.meh.es/ovcservweb/OVCSWLocalizacionRC/OVCCoordenadas.aspx?op=Consulta\\_CPMRC](http://ovc.catastro.meh.es/ovcservweb/OVCSWLocalizacionRC/OVCCoordenadas.aspx?op=Consulta_CPMRC)
- DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO (24 de Febrero de 2018). *Servicios WEB del Catastro*. Obtenido de [http://www.catastro.meh.es/ayuda/lang/castellano/servicios\\_web.htm](http://www.catastro.meh.es/ayuda/lang/castellano/servicios_web.htm)
- INSTITUO GEOGRÁFICO NACIONAL. (24 de Febrero de 2018). *Servicio Web de Coberturas conforme con las especificaciones de OGC WCS 1.0.0 y WCS 1.1.1*. Obtenido de <http://www.ign.es/wcs/mdt?request=GetCapabilities&service=WCS>
- WIKIPEDIA. (13 de Octubre de 2016). *Geography Markup Language*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Geography\\_Markup\\_Language](https://es.wikipedia.org/wiki/Geography_Markup_Language)
- WIKIPEDIA. (26 de Diciembre de 2017). *Web Map Service*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Web\\_Map\\_Service](https://es.wikipedia.org/wiki/Web_Map_Service)
- WIKIPEDIA. (24 de Febrero de 2018). *Extensible Markup Language*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Extensible\\_Markup\\_Language](https://es.wikipedia.org/wiki/Extensible_Markup_Language)

WIKIPEDIA. (2018 de Febrero de 2018). *Extensible Markup Language*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Extensible\\_Markup\\_Language](https://es.wikipedia.org/wiki/Extensible_Markup_Language)

WIKIPEDIA. (12 de Febrero de 2018). *JSON*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/JSON>

WIKIPEDIA. (24 de Febrero de 2018). *Simple Object Access Protocol*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Simple\\_Object\\_Access\\_Protocol](https://es.wikipedia.org/wiki/Simple_Object_Access_Protocol)

---

<sup>i</sup> La dirección base de la consulta al IGN para la obtención de la elevación de un punto del territorio nacional es <http://www.ign.es/wcs/mdt?>, que debe completarse con el resto de parámetros que ésta requiere

## Gestión de superficies útiles y construidas en modelos BIM para la promoción inmobiliaria

**Núñez Calzado, Pedro Enrique<sup>a</sup>, Alarcón López, Ivón José<sup>b</sup>, Martínez Gómez, David Carlos<sup>c</sup>**

<sup>a</sup>Núñez Calzado, Pedro Enrique – Arquitecto – BIM Expert - C# Developer - pnunez@ibim.es; <sup>b</sup>Alarcón López, Ivón José – Arquitecto Técnico – Consultor BIM – C# Developer – ivan@ibim.es; <sup>c</sup>Martínez Gómez, David Carlos – Arquitecto – Consultor BIM – david@ibim.es

---

### **Abstract**

*Data extraction from a BIM model (or a set of related ones) for the generation of the documentation of an architectural project supposes an additional task to the one of the own modeling of the building.*

*The accuracy and veracity of the information pertaining to the documentation of a constructive project is a fundamental part of an adequate management of the model, so that the information always corresponds to the direct extraction of its elements and properties.*

*According to the development of the project (and more if it is of a certain size), the process of updating the surfaces is tedious if done manually, plus the possibility of introducing errors or discrepancies involuntarily, consuming a great amount of time and effort.*

*In the article, the workflow developed with Revit is detailed for the management of the elements where the information related to the net floor areas (rooms) and the gross floor areas (areas) is stored, as well as its update during the frequent modifications suffered by a project in the different phases of its creation (schematic design, design development and construction documents), through the application of various routines, developed by programming over Revit, that automatically resolve the process.*

**Keywords:** gross floor area, net floor area, BIM, API Revit, C#

---

### **Resumen**

*La extracción de datos de un modelo BIM (o de un conjunto de ellos relacionados) para la generación de la documentación de un proyecto arquitectónico supone una tarea adicional a la del propio modelado de la edificación.*

*La exactitud y veracidad de la información que forma parte de la documentación de un proyecto constructivo es parte fundamental de una adecuada gestión del modelo, de forma que dicha información se corresponda siempre con la extracción directa de sus elementos y propiedades.*

*Según el desarrollo del proyecto (y más si éste es de cierta envergadura), el proceso de actualización de las superficies es tedioso si se hace manualmente, acrecentado además de la posibilidad de introducir errores o discordancias de forma involuntaria, consumiendo gran cantidad de tiempo y esfuerzo.*

*En el artículo se detalla el flujo de trabajo desarrollado con Revit para la gestión de los elementos donde se almacena la información relativa a las Superficies útiles (habitaciones) y las Superficies construidas (Áreas), así como su actualización durante las frecuentes modificaciones que sufre un proyecto en las distintas fases de su creación (anteproyecto, proyecto básico y proyecto de ejecución), mediante la aplicación de diversas rutinas, desarrolladas con programación sobre Revit, que resuelven de forma automática el proceso.*

**Palabras clave:** superficie útil, superficie construida, BIM, API Revit, C#

---

## Introducción

Durante la redacción de un proyecto, sobre todo si es residencial, se necesita constantemente conocer las superficies desglosadas (por tipo de vivienda, por trasteros, etc.), o totales (de vivienda, de garaje, de trasteros, locales comerciales, etc.) Tanto bajo el prisma del promotor, para conocer datos económicos (el aprovechamiento del solar, los metros de venta y sus repercusiones, los metros construidos que tendrá que pagar, etc.), como bajo el prisma del proyectista, para conocer además las justificaciones urbanísticas del proyecto.

Para la toma de decisiones sobre la viabilidad de distintas alternativas en un proyecto, además de las estéticas, es necesario conocer rápidamente dichos datos para tener información precisa y poder decantarse por una u otra. Si la obtención de dichos datos no es rápida se aplazan dichas decisiones o simplemente se toman sin esos datos con el riesgo que conlleva.

En los primeros proyectos, de cierta envergadura, en los que participamos la obtención de superficies fue una rémora constante. Necesitamos a una persona casi con dedicación exclusiva a dicha tarea, ya que los cambios durante la fase de anteproyecto o proyecto básico, suelen ser constantes, y aun así los datos de superficies no llegaban a tiempo, ni para el arquitecto proyectista, ni para rellenar la tabla de superficies de la promotora, una vez se obtenían los datos en Revit, se necesita un procesado previo importante de los datos, para rellenar dichas tablas. Además, siempre está la duda si dichos datos se corresponden con lo modelado (falta de coherencia entre superficies útiles y construidas, disparidad de superficies entre tipos de vivienda iguales, asignación correcta de coeficientes, etc.)

Visto que era un problema importante analizamos los procesos para poder obtener dichos datos lo más rápido y fiables posibles.

Datos de partida iniciales:

- Uso de tablas de claves de habitaciones y áreas.
- Definición de parámetros de proyecto y compartidos.
- Uso de vínculos frente al uso de grupos para los tipos de vivienda, y el uso de grupos para los tipos de planta. Desde luego es impensable gestionar proyectos de cierta envergadura sin el uso de vínculos y grupos.
- Organización de los modelos. Un correcto planteamiento de la división de vínculos, jerarquía, etc.
- Rutinas para la gestión de habitaciones, áreas y contornos de área entre vínculos, y de salida de datos

## 1. Uso de Tablas de Claves

VIVIENDAS	VIVIENDAS	Interior
	TENDEDEROS	Jardín
	TERRAZAS CUBIERTAS	Tendedero
	TERRAZAS DESCUBIERTAS	Terraza Cubierta
	JARDINES PRIVADOS	Terraza Descubierta
OTROS USOS	TRASTEROS	Cuartos técnicos y servicios
	GARAJE	Dependencias Com. De propietarios
	OFICINAS	Local Basuras
	LOCALES COMERCIALES	No repercutible Ventas
	NUCLEOS DE COMUNICACIÓN	Pasillos y distribuidores
ZZCC	CUARTOS DE INST.	Resto Zonas comunes
	SOPORTALES	Calles Circulación y rampas
	DOTACIONES COMUNES	Cuarto Bicicletas
	CUBIERTAS	Cuartos inst. uso garaje
	ZONAS PAVIMENTADAS	Pasillos vestíbulos de trasteros
URBANIZACIÓN	ZONAS AJARDINADAS	Resto Bajo Rasante
	PISTAS DEPORTIVAS	Superficie no repercutible a ventas b/r
	PISCINA	Locales Comerciales
	CT	Trasteros
	ASEOS Y VESTUARIOS	Aceras y acceso peatonales
	OTROS	Aparcamientos exteriores
		Aseos y vestuarios en edif. independiente
		Cuartos técnicos uso urbanización edif independiente
		Jardines comunitarios con forjado debajo
		Jardines terreno natural
	Juegos infantiles	
	Límina de agua	
	Otros equipamientos urbanización	
	Pádel	
	Porches y soportales	
	Puesto de control y vigilancia en edif. independiente	
	Rampas y calzadas vehículos	
	Solería piscina	

Fig. 1 Ejemplos de esquema de superficies aportadas por las promotoras. Fuente: propia (2018)

Las tablas anteriores corresponden a las necesidades de dos promotoras distintas. En ambas vemos un primer grupo, con una clasificación muy parecida.

PROMOTORA 1	PROMOTORA 2
Viviendas	Viviendas
ZZCC	Zonas Comunes.SR Zonas Comunes.BR
OTROS USOS	Otras Superficies
URBANIZACION	Urbanización

Nuestra propuesta es crear unos parámetros propios, (no compartidos para poder incluir en las tablas de claves), y que no dependan de ninguna promotora.

Después habrá que realizar rutinas específicas de mapeado de nuestros parámetros con los de la promotora.

Si la promotora no aporta BIM plan o libro de especificación BIM, podemos usar los parámetros directamente en nuestro modelo.

Si la promotora aporta plantilla, y los parámetros son compartidos, no se pueden incluir directamente en la tabla de claves y hay que realizar una rutina de mapeado de parámetros.

Usar parámetros propios puede parecer una incongruencia, ya que obliga a mapear con los aportados por la promotora, pero veamos las ventajas que aporta.

Consideramos prioritario el uso de las tablas de claves para la gestión de superficies útiles y construidas (de áreas y habitaciones) ya que permite tipificar los valores de los parámetros, creando estilos o falsos tipos:

- Asignando fácilmente varios valores con solo la clave a la habitación o área
- Modificando fácilmente varios valores cambiándolos en la tabla de claves
- Los parámetros de la tabla de claves quedan protegidos
- Cada habitación o área tiene que tener una clave. Si es necesario se crea una fila nueva, con datos para esa clave
- Si la promotora no tiene BIM plan, no es necesario el mapeo de parámetros
- Si la promotora tiene BIM plan,
  - Si los parámetros son compartidos se mapean con una rutina
  - Si no son compartidos se pueden mapear en la misma tabla de claves
- Muchas de ellas mantienen algunos criterios poco precisos, como no respetan la coherencia que debe haber entre áreas y habitaciones. (sobre todo con las terrazas cubiertas y descubiertas, y entre en plano e información en tablas) y no incluir el estudio de edificabilidad urbanística de cara a la justificación a los ayuntamientos. Información. Es frecuente que se pida que en los planos aparezca solo una etiqueta de habitación con el área de la terraza, sin distinguir si es cubierta o descubierta, pero luego en sus cuadros sí que quieren diferenciar que está cubierto y que esta descubierta. Esto genera muchos problemas.
- El sistema debe ser lo suficientemente flexible para poder adaptarse a los sistemas de varias promotoras.

Empezará la clasificación por las “áreas” de Revit, que son más genéricas. En las “habitaciones” de Revit se ampliará la de “áreas”, sobre todo en vivienda.

La mayoría de promotoras aportan solo dos grupos de clasificación. Nuestra experiencia nos dice que es necesario otro grupo más de clasificación, sobre todo para habitaciones. No es necesario que se rellenen los últimos grupos

	<b>GRUPO 01</b>	<b>GRUPO 02</b>	<b>GRUPO 03</b>
AREA	VIVIENDA	INTERIOR	---
HABITACION	VIVIENDA	INTERIOR	DORMITORIO COMEDOR COCINA

Algunas promotoras usan el nombre de la habitación o área para crear un 3º grupo de clasificación, desde nuestro punto de vista el nombre no debería ser utilizado para ese propósito, si no para mostrar un nombre significativo en una etiqueta.

Se da el caso que pueden existir varias piezas iguales como son las habitaciones o dormitorios y los baños

	<b>GRUPO 01</b>	<b>GRUPO 02</b>	<b>GRUPO 03</b>	<b>NOMBRE</b>
			DORMITORIO	DORM 1
			DORMITORIO	DORM 2
			DORMITORIO	DORM 3
HABITACION	VIVIENDA	INTERIOR	DORMITORIO	DORM 4
			BAÑO	BAÑO 1
			BAÑO	BAÑO 2

Con este sistema el grupo 03 indica que es un dormitorio o baño y agrupara todas esas dependencias.

No se debe usar el nombre de la habitación o área para numerar los elementos, por ejemplo, trasteros o locales comerciales. Una cosa son los dormitorios o baños dentro de una vivienda que son un número limitado (y por tanto un número de líneas de claves), y otro son crear un número indefinido y grande de claves (40 líneas de trasteros solo variando el nombre con un número). Para ello veremos más adelante los sistemas de numeración, y como crear campos combinados de nombre y número que de la misma apariencia

Otro caso donde necesitaremos el 3º grupo es con las terrazas, ya sea con habitaciones o con áreas. Cualquiera de los dos sistemas inferiores es válido, ya que permite cambiar valores de edificabilidad, etc. entre ellas. Cual escoger dependerá de cómo queramos una segunda agrupación si por terrazas únicamente, o por terrazas cubiertas o descubiertas.

Puede haber propiedades complementarias que nos permita ayudarnos a clasificar con más criterios que estos dos iniciales. Como por ejemplo si es exterior, si es privativa, etc.

<b>GRUPO 01</b>	<b>GRUPO 02</b>	<b>GRUPO 03</b>
VIVIENDA	TERRAZA	TERRAZA CUBIERTA CERRADA
VIVIENDA	TERRAZA	TERRAZA CUBIERTA ABIERTA
VIVIENDA	TERRAZA	TERRAZA DESCUBIERTA

<b>GRUPO 01</b>	<b>GRUPO 02</b>	<b>GRUPO 03</b>
VIVIENDA	TERRAZA CUBIERTA	CERRADA
VIVIENDA	TERRAZA CUBIERTA	ABIERTA
VIVIENDA	TERRAZA DESCUBIERTA	

Estos 3 parámetros permiten clasificar las superficies para posteriormente obtener listados con dichos criterios.

### 1.1. Parámetros en Áreas y Superficies

Principalmente se dividirán los parámetros en dos grandes grupos: Los relacionados con el tipo de superficie (Uso funcional, coeficiente edificabilidad, acabados, Si es privativa, si es exterior, si esta bajo rasante) y con la localización (número de puerta, planta, edificio, portal, escalera).

## 1.2. Coherencia entre Áreas y Habitaciones

Las tablas de claves de áreas y habitaciones deben tener el grupo01 y el grupo02 iguales. Así la asignación de la clave de áreas y habitaciones en tipos de vivienda, trasteros, garajes, elementos comunes, etc., mantendrá que el grupo01 y grupo02 del área y la habitación sea el mismo. Con ello al imprimir los resúmenes de superficies se agruparán en conceptos compatibles.

Se han desarrollado rutinas que detectan las habitaciones que hay englobadas en un Área (ver Fig. 4), y comprueban la compatibilidad y coherencia de las mismas, tanto para parámetros de clave, como para parámetros de localización.

## 2. Organización de Modelos

Una buena organización de los modelos es la clave para el éxito del proyecto, en cuanto a tiempos de ejecución, coherencia de la información y el modelo, mantenimiento de modificaciones, etc.

Se han probado dos flujos para organizar los tipos de vivienda: como grupos o como vínculos. Ambos contendrán la geometría, las habitaciones y las áreas de Revit. Y garantizan que un cambio en un tipo se realiza en el resto con ahorros de tiempo y fiabilidad.

La gestión con grupos permite que estos interactúen con el modelo, por lo que se realizan los recortes de los muros de tabiquería con los muros de fachada. Por el contrario, no pueden estar las áreas en el mismo grupo. La gestión con vínculos tiene como inconvenientes que los muros del proyecto no se recortan con los de los vínculos., pero no da problemas de coherencia de grupos al duplicar o cambiar e tipos, y las áreas y habitaciones de Revit están en una misma entidad.

La organización de los modelos (si se opta por la gestión con vínculos de tipos de vivienda) debe tener en cuenta si existen varios edificios y si estos se repiten, aun cuando tengan ligeras diferencias entre los tipos.

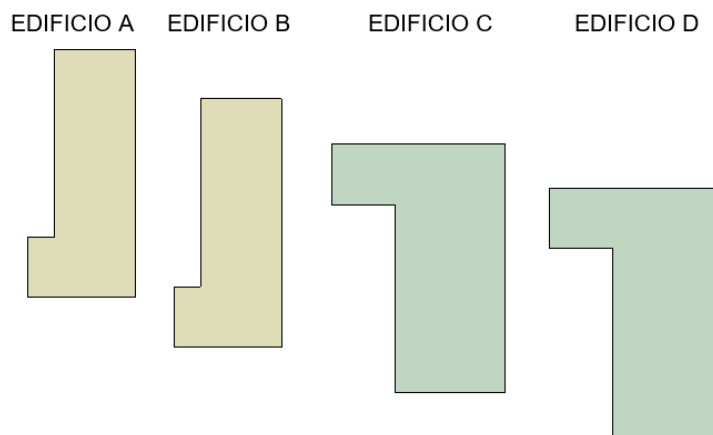


Fig. 2 Esquema en planta de los edificios. Fuente propia (2018)

En la imagen superior los 4 edificios son iguales 2 a 2 (los edificios A y B, y los edificios C y D). Una primera aproximación es crear un vínculo para los edificios AB y otro para los edificios CD. Al copiarlos o hacer simetría en el master tiene el inconveniente que ambos edificios tienen que ser exactamente iguales y los parámetros (puerta, planta o escalera) de las habitaciones no se pueden personalizar para el edificio en cuestión. Para cumplir estos condicionantes se propone una organización de modelos como la de la imagen inferior.

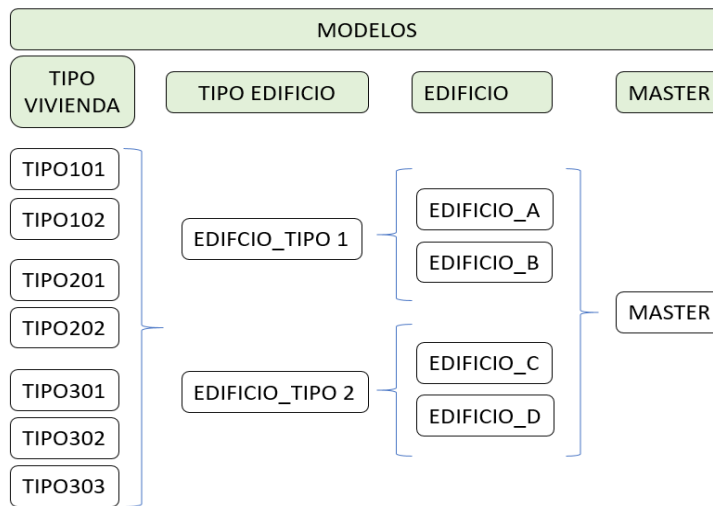


Fig. 3 Organigrama de los modelos. Fuente propia (2018)

Este es un esquema simplificado. Cada uno de ellos a su vez se divide por disciplinas según la complejidad de las mismas (arquitectura, estructura, instalaciones, etc.). En un principio se incluían las habitaciones y áreas en el modelo de arquitectura, pero al trabajar en grupo, se detectó que el encargado de la gestión de superficies suele ser distinto de los modeladores, y si las habitaciones y áreas están en el mismo modelo, se suelen producir “solapamientos” de propiedad de elementos (la gestión de superficies requiere de modificaciones masivas de parámetros). Por ello se han creado modelos de Habitaciones y Áreas específicos, en los modelos “TipoEdificio” y en “Edificio”

## 2.1 Modelos tipos vivienda (“TipoVivienda”)

Contiene la geometría propia de la vivienda (muros, mobiliario, puertas, etc.) además de las habitaciones (incluyendo las separaciones de habitación) y áreas (sin incluir contornos de áreas). Si existe alguna pequeña diferencia entre los tipos no se modelan aquí.



Fig. 4 Imagen de un tipo de vivienda Fuente propia (2018)

Los parámetros a rellenar en las áreas y habitaciones son los que determinan la tipología de la superficie, los que están en la tabla de claves definida anteriormente. Los que dependen de la localización de la vivienda (Planta, Número de puerta, Edificio), se rellenarán más adelante

## 2.2 Modelos tipos edificio (“TipoEdificio”)

Se enlazan (no solape) los vínculos tipos vivienda, se modelan los elementos comunes, fachadas, y todo aquello que es común a todos los edificios del mismo tipo. Se incluirán las Áreas y Habitaciones de los

vínculos “TipoVivienda” y se crearán por primera vez los contornos de Área (estos se organizan en grupos por Tipos de planta, plantas que son iguales). Se crearán algunas habitaciones o áreas que sean diferentes en algún tipo (por ejemplo, un tipo que, en planta primera o ático, tenga una terraza que no existe en el resto de plantas), y las de las zonas comunes. En este modelo, todavía no se rellenan los parámetros que dependen de la localización



Fig. 5 Esquema en planta un tipo de edificio. Fuente propia (2018)

### 2.3 Modelos edificio (“Edificio”)

En este modelo se vincula el modelo “TipoEdificio”. Esta organización permite que los tipos no sean exactamente iguales, y en este modelo se pueden reflejar esas diferencias, ya sea en fachada, o incluso que alguna planta tenga algún tipo de vivienda distinto. Se traspasarán las Áreas, Habitaciones y Contornos de área del modelo “TipoEdificio”. Se completarán contornos de área y separadores de habitación. Se rellenan los parámetros que definen la localización de las viviendas. Salvo algunos casos puntuales, correspondientes a los cambios entre edificios, no se modifican valores de parámetros que no corresponden al tipo de modelo.

### 3. Procesos y Rutinas

Con esta organización las áreas y habitaciones necesitan copiarse de unos modelos a otros, ya que en cada tipo de modelo se rellenan los parámetros correspondientes. Realizar estas copias de elementos entre modelos manualmente no es concebible sin el apoyo de programación que automatice y reduzca tiempos y errores. El paso entre distintos modelos requiere además de un proceso específico. En realidad, se copian las habitaciones y áreas sincronizándolas. En el modelo de impresión las etiquetas de habitaciones y áreas, deben hacer referencia a un mismo ejemplar (si se borran los ejemplares y se crean unos nuevos, las etiquetas quedan huérfanas). En el proceso de sincronización se comprueban 3 estados: si existe en ambos la actualiza, si no existe en destino la crea nueva y si no existe en origen la elimina en el destino. Para ello se guardan en dos parámetros, proviene el Área o la Habitación, el “Id” del vínculo de donde proviene el Área o la Habitación, y “Id” del el Área o la Habitación de la que proviene. Con ello se garantiza que en el modelo de impresión solo queden como etiquetas huérfanas las que se han borrado en el origen, y no las actualizadas (quedarán por etiquetar las que se hayan creado nuevas).

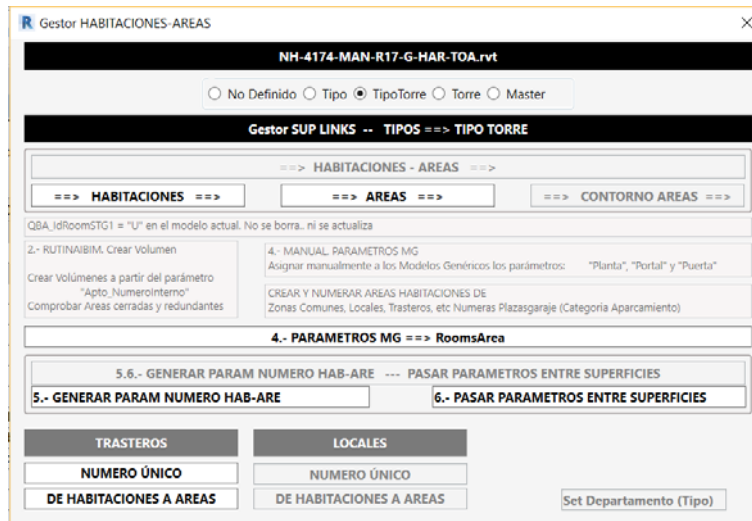


Fig. 6 Menú de la aplicación dentro de Revit. Fuente propia (2018)

La aplicación que gestiona el traspaso y sincronización de Áreas, Habitaciones y Contornos de Áreas (además de alguna ayuda extra para la gestión de parámetros de habitaciones y áreas, es un conjunto de rutinas, que en función del modelo en que se ejecute, realiza la sincronización. A continuación, se describe cada uno de ellos:

### 3.1 De “TipoVivienda” a “EdificioTipo”

En la Fig. 5 se puede ver una planta tipo. Por cada planta igual en el edificio, hay que sincronizar las Áreas y Habitaciones de cada vínculo “TipoVivienda” al modelo “EdificioTipo”. Una primera rutina recoge todos los vínculos “TipoVivienda” de modelo. De cada uno de ellos extrae las Habitaciones y Áreas. Recopila en el destino las habitaciones y áreas con el parámetro igual que el Id del vínculo. Por cada habitación y área del “EdificioTipo” comprueba si existe una con el mismo Id en “TipoVivienda” para su sincronización. Si existe la actualiza, y en caso contrario la elimina. Por último, añade del vínculo “TipoVivienda” las nuevas. Se han creado dos parámetros para permitir:

- crear superficies nuevas en los tipos, y que no se borren. Por ejemplo, en tipos que según la planta en la que estén tengan un número variable de terrazas
- no actualizar esa habitación o área. Por ejemplo, en tipos que según la planta en la que estén una terraza sea cubierta o descubierta.

NameType	NameInstance	SecVinc	NRooms	NAreas	Origen
NH-4174-MAN-R17-G-ARQ-101.rvt		Tipo	6	4	0.00, 0.01, 47.20
NH-4174-MAN-R17-G-ARQ-101.rvt		Tipo	6	4	0.00, -7.49, 35.40
NH-4174-MAN-R17-G-ARQ-101.rvt		Tipo	6	4	0.00, -7.49, 41.30
NH-4174-MAN-R17-G-ARQ-101.rvt		Tipo	6	4	0.00, 0.01, 38.35
NH-4174-MAN-R17-G-ARQ-101.rvt		Tipo	6	4	0.00, 0.01, 44.25
NH-4174-MAN-R17-G-ARQ-101.rvt		Tipo	6	4	0.00, 0.01, 41.30
NH-4174-MAN-R17-G-ARQ-101.rvt		Tipo	6	4	0.00, -7.49, 38.35
NH-4174-MAN-R17-G-ARQ-101.rvt		Tipo	6	4	0.00, 0.01, 35.40
NH-4174-MAN-R17-G-ARQ-101.rvt		Tipo	6	4	0.00, 0.01, 53.10
NH-4174-MAN-R17-G-ARQ-101.rvt		Tipo	6	4	0.00, -7.49, 47.20
NH-4174-MAN-R17-G-ARQ-101.rvt		Tipo	6	4	0.00, -7.49, 44.25
NH-4174-MAN-R17-G-ARQ-201.rvt		Tipo	10	3	0.00, -0.13, 47.20
NH-4174-MAN-R17-G-ARQ-201.rvt		Tipo	10	3	0.00, -0.13, 38.35
NH-4174-MAN-R17-G-ARQ-201.rvt		Tipo	10	3	0.00, -0.13, 44.25
NH-4174-MAN-R17-G-ARO-201.rvt		Tipo	10	3	0.00, -0.13, 35.40

Fig. 7. Resultado de la sincronización de Habitaciones. Fuente propia (2018)

En este proceso las Habitaciones y Áreas que se han creado para los elementos comunes se mantienen ya que no tendrán en el parámetro de Id del vínculo ningún valor coincidente con los vínculos “TipoVivienda”.

### 3.2 De “EdificioTipo” a “Edificio”

En este caso normalmente solo existirá un vínculo “EdificioTipo” para sincronizar Habitaciones y Áreas al modelo “Edificio”. La sincronización es parecida a la anterior. Se incluyen la copia de los contornos de área.

En este modelo se realiza la asignación de los parámetros que definen la situación (número de puerta, planta y edificio) de los elementos. La asignación manual de la situación de cada Área o Habitación es laboriosa, y no exenta de error al seleccionar todas las que pertenecen a una vivienda. Para ello se ha creado una rutina que genera un modelo genérico con el volumen de todas las áreas que pertenecen a una vivienda. Pasándole los parámetros necesarios para identificarla y para devolver los parámetros de situación a las Áreas y Habitaciones con otra rutina. La asignación manual de los parámetros de situación es más fácil en un modelo genérico:

- cada elemento genérico corresponde a una vivienda. Solo hay que seleccionar un elemento y no varios para realizar la asignación
- desde una vista 3D se puede asignar masivamente para todas las plantas, mientras que en habitaciones hay que hacerlo planta a planta
- con un concepto parecido a los “Esquemas de Color” de Revit, se puede colorear la vista en función del valor de un parámetro para realizar comprobaciones de asignación

Una vez se han asignado los valores de situación en los modelos genéricos, por medio de otra rutina se pasan estos valores a las Habitaciones y áreas correspondientes.

Los modelos genéricos se aprovecharán para múltiples tareas en los modelos de impresión: Creación de esquemas de cajas para indicar propiedades de viviendas (nombre de tipo, numero de dormitorios, etc.), recortes de vistas en comerciales de tipo, tablas de panificación con número de viviendas, y cualquier valor asociado a ellas, etc.

Para este modelo también se han creado rutinas específicas para:

- Numerar plazas de garaje y trastero, y pasa o combina parámetros según especificaciones de la promotora.
- Traspasa los parámetros propios de las tablas de claves a los parámetros especificados por la promotora.
- Del cálculo de superficies totales y coeficientes que se realiza en “Master”, se realiza el cálculo de la superficie por vivienda con repercusión de elementos comunes (según criterios del arquitecto y de la promotora) y se almacena en los modelos genéricos.

### 3.3 De “Edificio” a “Master”

Se realiza la sincronización sin modificación de valores. En este modelo no se ejecuta ningún cambio de valores.

### 3.4 Extracción de datos en master

Se realiza el cálculo de superficies totales y los coeficientes de repercusión de elementos comunes, según criterios del arquitecto y de la promotora (se están estudiando la implementación de otros criterios: catastro *Real Decreto 1020/1993*, habitabilidad según comunidad autónoma, hipotecaria *Orden ECO/805/2003*, Edificabilidad según ayuntamiento, etc.). Con estos datos además de servir de base para el cálculo de superficies repercutidas en el modelo “Edificio”, por medio de otras rutinas, se extraen informes directamente en Excel, HTML, PDF,... formateados según las necesidades del arquitecto o promotora, para no tener que realizar ajustes intermedios o combinar múltiples exportaciones de tablas de planificación de Revit.

"PROMOCION" (XX Viviendas, XX garajes y XX trasteros)										
Plazas de garaje										
IDENTIFICACIÓN				S.ÚTIL	S.C.PRIV.	SUP.VENTA DE PROYECTO				
Portal/ Vivienda	Planta	Nº.Plz.	Tipo	Precio	S.U. Garajes	S.C. Interior	Rep.Z.Com.	S.C.T.V		
					(m2)	(m2)				
D	S01	P01	Mediana		10.35	10.35	2.67	13.02		
C	S01	P01	Mediana		10.35	10.35	2.67	13.02		
A	S01	P01	Mediana		10.35	10.35	2.67	13.02		
B	S01	P01	Mediana		10.35	10.35	2.67	13.02		
D	S02	P01	Mediana		10.35	10.35	2.67	13.02		
C	S02	P01	Mediana		10.35	10.35	2.67	13.02		
B	S02	P01	Mediana		10.35	10.35	2.67	13.02		
A	S02	P01	Mediana		10.35	10.35	2.67	13.02		
D	S03	P01	Mediana		10.35	10.35	2.67	13.02		
C	S03	P01	Mediana		10.35	10.35	2.67	13.02		
B	S03	P01	Mediana		10.35	10.35	2.67	13.02		
A	S03	P01	Mediana		10.35	10.35	2.67	13.02		
D	S01	P02	Mediana		10.35	10.35	2.67	13.02		
A	S01	P02	Mediana		10.35	10.35	2.67	13.02		
C	S01	P02	Mediana		10.35	10.35	2.67	13.02		

Fig. 8. Resultado extracción datos a Excel. Fuente propia (2018)

#### 4. Conclusiones

Con la aplicación de este procedimiento y el empleo de rutinas, se ha conseguido responder a las necesidades de arquitectos y de promotoras, referentes a los plazos de entrega y coherencia de los datos. La primera definición de superficies requiere un poco más de tiempo, pero las pequeñas modificaciones se resuelven con bastante celeridad. Las rutinas y elementos de control permiten minimizar el número de errores, y el tratamiento posterior para dar respuesta a las plantillas, con los formatos de datos, proporcionadas por promotoras o arquitectos.

Esto además permite poder centra esfuerzos en el análisis de dichas superficies. Se está estudiando el desarrollo de graficas para observar porcentajes, medias, modas de datos referidos a las viviendas y sus relaciones con el resto de la promoción, e intentar encontrar (Las técnicas de Aprendizaje Automático) unos ratios de eficiencia de superficies en la promoción.

#### 5. Referencias

AUTODESK REVIT. *Ayuda: Habitaciones* <<http://help.autodesk.com/view/RVT/2018/ESP/?guid=GUID-3D8B61D3-38C6-4B8F-97E1-797A05F5C5AD>> [Consulta: 9 de marzo de 2018]

AUTODESK REVIT. *Ayuda: Analisis de áreas* <<http://help.autodesk.com/view/RVT/2018/ESP/?guid=GUID-667DBCAC-FAB6-4AAD-A594-EE29E6E3F8D0>> [Consulta: 9 de marzo de 2018]

AUTODESK REVIT. *Ayuda: Tablas de planificación clave* <<http://help.autodesk.com/view/RVT/2016/ESP/?guid=GUID-CD22DA24-4162-4AB2-B1D3-02CEBE918444>> [Consulta: 9 de marzo de 2018]

AUTODESK KNOWLEDGE NETWORK. *Id de elemento* <<https://knowledge.autodesk.com/es/support/revit-products/troubleshooting/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/ESP/Element-IDs.html>> [Consulta: 9 de marzo de 2018]

AUTODESK REVIT. *Ayuda:Esquemas de Color* <<http://help.autodesk.com/view/RVT/2016/ESP/?guid=GUID-4809E31D-8385-4EB9-89C2-B58D7FB25B00>> [Consulta: 9 de marzo de 2018]

MARROT TICO, J (2013) “ El cómputo de superficies en la edificación” <<http://jordimarrot.blogspot.com.es/2013/09/el-computo-de-superficies-en-la.html>> [Consulta: 9 de marzo de 2018]

AGENCIA ESTATAL BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO. *Real Decreto 1020/1993, de 25 de junio, por el que se aprueban las normas técnicas de valoración y el cuadro marco de valores del suelo y de las construcciones para determinar el valor catastral de los bienes inmuebles de naturaleza urbana.* <<http://boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1993-19265>> [Consulta: 9 de marzo de 2018]

AGENCIA ESTATAL BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO. *Orden ECO/805/2003, de 27 de marzo, sobre normas de valoración de bienes inmuebles y de determinados derechos para ciertas finalidades financieras.* <<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2003-7253>> [Consulta: 9 de marzo de 2018]

## Flujos de trabajo optimizados

**Mayorga-Romero, Manuel**

BIM Manager en Ingennus Urban Consulting (Zaragoza). Ingeniero industrial por la Universidad Politécnica de Valencia

---

### **Abstract**

*This paper intends to show the current work organization in a medium-sized architectural firm. The aim is to expose the optimization of design and development times and how low value-adding manual works are eliminated.*

*To do so, the paper describes what processes and developments have been implemented in the company in terms of automation and quantifies the "Muda" (Lean Terminology), eliminated during the project cycle, specially when compared to the time delays required by classical methodologies.*

*The presentation is structured as follows: work profiles and staff learning process; comparative of project elaboration delays; work algorithms and how to detect them; and daily use of programming.*

*The main conclusion of the report is to show a workflow of collaborative work in BIM in order to highlight how the automatisms change the work process, comparing it with classic workflows.*

**Keywords:** Architectural firm, Dynamo, Productivity, Programming, Workflow

---

### **Resumen**

*El objetivo de la ponencia es mostrar la realidad actual de una empresa de arquitectura integrada por 35 personas. En la intervención hablaremos también de cómo se optimizan los tiempos de diseño y desarrollo y de qué forma se eliminan los trabajos manuales que no aportan valor al proyecto.*

*La intención es explicar qué procesos y desarrollos se realizan en la empresa en cuanto a automatizaciones y qué cantidad de "Muda" (terminología Lean) es eliminada durante la definición de un proyecto, comparándolo con los tiempos de elaboración mediante metodologías clásicas.*

*La ponencia desarrollará los siguientes puntos: perfiles de trabajo y desarrollo de aprendizaje de los individuos; duración de los proyectos y comparativas; algoritmos de trabajo y cómo detectarlos; y programación y su uso diario.*

*La conclusión principal del estudio es mostrar un workflow de trabajo colaborativo en BIM y destacar cómo los automatismos cambian el proceso de trabajo, comparándolo con flujos de trabajo clásicos.*

**Palabras clave:** Dynamo, Empresa de arquitectura, Flujo de trabajo, Productividad, Programación

## Introducción

Las nuevas tecnologías han desbloqueado los procesos clásicos de diseño de proyectos y han abierto la puerta a un sector completamente nuevo, con una amplia gama de procesos por definir. Los agentes más creativos y que más desarrollan sus capacidades en este ámbito, son los que recogerán los beneficios de su esfuerzo, traducidos en una mayor calidad de sus proyectos y en un incremento de eficacia y efectividad en su definición. Dos elementos muy distanciados entre sí, como la programación y la construcción, se ven entrelazados, ahora, de manera inminente. Nos encontramos en la encrucijada de alcanzar la coherencia y conjunción entre programación, bases de datos (Modelo BIM) y las personas que hacen posible - y definen - los proyectos. Dos de estos tres pilares se adaptan perfectamente al cambio, aunque el tercero suele resistirse un poco más. Veremos más adelante cómo, mediante algunas herramientas, podemos cambiar esa conciencia y transformarla en un proceso creativo en el que participa toda la empresa.

El objetivo de este documento es mostrar cómo trabaja una empresa de arquitectura adaptada a la metodología BIM, habiendo desarrollado herramientas propias, basadas en Dynamo y programación con Python. El fin es animar al resto de empresas del sector a realizar los desarrollos y agilizaciones que consideren necesarios para sí mismos.

## 1. Resumen inicial

Los procesos reiterativos que no aportan valor al proyecto deben ser literalmente erradicados. No necesariamente son solo tareas de modelado repetitivo; pueden ser procesos de extracción de datos o exportaciones de información desde el modelo a formatos externos, incluso cualquier tarea general o conjunto de acciones que se repitan en cada proyecto.

Además, para su reducción debemos tener en cuenta la gestión de cambios que provoca reedición y duplicidad de trabajo. A priori es una tarea compleja: los flujos de trabajo tienen muchos aspectos que impiden una definición sencilla de los mismos, ya que intervienen muchos factores.

El proceso de definición y diseño de flujos de trabajo conlleva una serie de pasos y estudios previos, ya que el funcionamiento de una determinada tarea o proceso puede estar basado en la correcta aplicación y ejecución de una tarea previa o posterior. Su definición se ve, por tanto, limitada a una serie de requisitos necesarios. El orden de introducción de la información al proyecto, visto este como un grupo de procesos, es vital para su correcta consecución.

El modelo BIM funciona como una “Bolsita de Agua”, es decir, los cambios realizados en un punto pueden afectar - y afectan- a los elementos asociados a este. Es importante verlo como lo que es: una base de datos compuesta por categorías ordenadas, que se coordina con otras agrupaciones de información u otras bases de datos, como son las tablas Excel o software de planificación y/o medición.

Efectividad y eficiencia: ambos son conceptos clave en toda organización que se precie. Cuando definimos un nuevo proceso de trabajo, que recoge una o varias tareas dentro del proceso productivo, debemos preguntarnos si es suficientemente efectivo en relación a nuestros objetivos y si los desempeña de manera eficiente. El objetivo fundamental no es atacar solo a la productividad en los proyectos, sino que debe ir acompañado de un aumento de la calidad, la eliminación del error humano, la gestión de cambios, e interactuar con el resto de procesos productivos que acompañan al proyecto.

La definición de los procesos que están directamente relacionados con el flujo de trabajo es una tarea vital dentro del estudio de la interacción entre las diferentes tareas. Un proyecto BIM empieza por una plantilla de proyectos que tiene una información básica alojada que permite que se desarrollen adecuadamente los diferentes pasos e hitos. Sin una buena base y sin la definición de protocolos y normas de modelado, es imposible que el proceso de diseño se realice de manera fluida y eficaz. A lo largo de esta comunicación se definirán los elementos del proceso global que se han tenido en cuenta para el funcionamiento de los automatismos.

## 2. Flujos de trabajo optimizados

### 2.1. Desarrollos Dynamo

Las automatizaciones nos permiten realizar funciones y procesos de trabajo, utilizando la información existente en el modelo para generar nueva información derivada de la anterior, extraída de la geometría del propio modelo o fruto de la combinación con información externa al mismo. En la mayoría de los casos proporcionan un ahorro significativo en recursos, tanto de tiempos como humanos, pero también generan un aporte de calidad a los proyectos, ya que nos permiten extraer información y analizarla ágilmente. Un ejemplo del primer tipo sería el siguiente: existe la necesidad de exportar tablas de planificación y mediciones desde un modelo a otros formatos como hojas de cálculo, y en algunos casos, las herramientas de modelado BIM no nos proporcionan la posibilidad de extraer la información cómoda y rápidamente. Más difícil aún sería conseguir que la información tenga el formato que necesitamos. La extracción de estos valores es una tarea que se repite en los proyectos y, en muchas ocasiones, la cantidad de tablas es considerable, tomando como ejemplo el proceso necesario para la extracción de datos en Revit. Cada una de las tablas hay que exportarlas a formato .txt, y posteriormente importarlas a tablas de cálculo, tipo Excel. Esta tarea se repite en función del número de tablas que necesitemos exportar, siendo este un ejemplo de proceso repetitivo, que en ocasiones nos obliga a repetir el ciclo de extracciones debido a cambios en el proyecto. Lo interesante sería tener un desarrollo que realizase esta labor por nosotros y no malgastar tiempo en este tipo de tareas tediosas. Este es un ejemplo básico de extracción de datos que aporta un ahorro en tiempos de diseño. A continuación, veremos ejemplos de desarrollos de Dynamo que aportan tanto disminución de tiempos como aumento en la calidad de los proyectos y también reducción del error humano.

#### 2.1.1 Memoria de Albañilería

Existen tantos tipos y formatos de memorias de albañilería como personas que las definan. Lo que la mayoría tienen en común son una serie de vistas de sección de las diferentes tipologías de muros, incluidas en el proyecto. Estas incluyen textos para definir cada una de sus capas y los materiales que las componen. La información contenida en los proyectos se ha visto incrementada considerablemente, y, si le sumamos la necesidad de generar más tipologías de muros, siguiendo criterios Passivhaus y BREEAM, se genera una cantidad de muros que a menudo resulta incontrolable.

A continuación, vamos a definir los puntos clave de nuestro flujo de trabajo, en relación con la memoria de albañilería y a los protocolos que entran en juego para que el proceso funcione de manera fluida y sin interrupciones. Realizaremos una comparación de los tiempos de trabajo, definiremos de qué forma vamos a generar la memoria y, finalmente, el formato de etiquetado de los muros.

La comparación de los formatos de trabajo basados en metodología BIM con formatos CAD resulta de una complejidad elevada, ya que tenemos una cantidad de información muy alta comparada con metodologías clásicas y, además, la estructura de la propia información y el producto final son muy diferentes desde el punto de vista de la calidad. Hoy en día hemos reducido la duración y el coste de algunos procesos clave del proyecto: un 70% en cuanto a la memoria de albañilería y un 50% a la de carpintería. A continuación mostraremos el flujo de trabajo que llevamos a cabo para la realización de la memoria de albañilería y sus tiempos de ejecución.

El paso inicial es la generación ordenada de muros, siendo su clasificación y orden un aspecto fundamental, ya que el requisito mínimo es mostrarlos ordenadamente según su función principal, es decir, se clasifican de acuerdo a su uso interior o exterior, según el material principal que lo compone y la anchura. La intención es que los muros con las mismas características generales permanezcan agrupados, por ejemplo, que los muros de hormigón estén agrupados entre sí y que los muros de placa de yeso formen otra agrupación propia, teniendo en cuenta que dentro de cada agrupación, es la anchura lo que determina su organización. Todo este proceso está automatizado mediante un desarrollo de Dynamo, que evalúa todos los muros disponibles en el proyecto y que los clasifica según acabamos de describir.

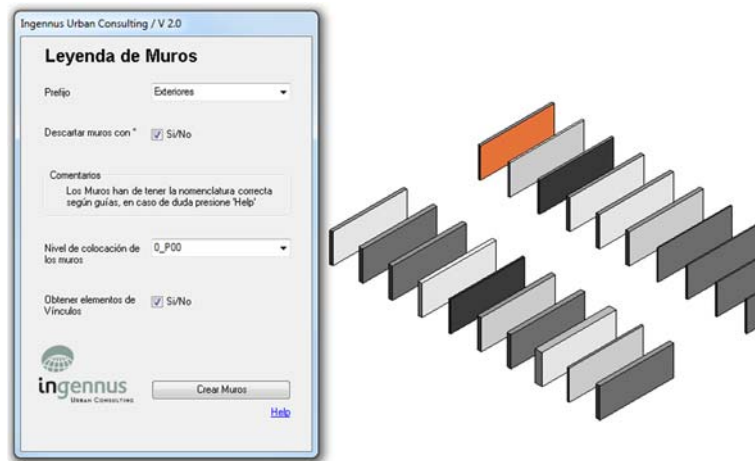


Fig. 1 Interface de generación de muros. Fuente: Ingennus (2017)

En la *figura 1* podemos observar que, cuando se ejecuta el desarrollo, se activa una interfaz que nos permite definir un filtro inicial en función del prefijo del muro, seguido del nivel de colocación en el que queremos que se posicionen y, en el caso de trabajar con vínculos, obtener los tipos de muros correspondientes de los vínculos de Revit que estén alojados en el modelo. Estos muros se colocan a 200 metros del modelo y se definen en una fase de trabajo previa para que no modifiquen las tablas de planificación existentes en el proyecto.

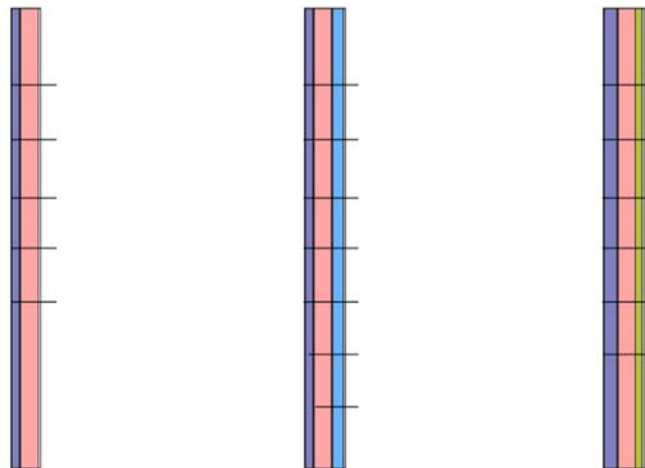


Fig. 2 Sección de colocación de muros. Fuente: Ingennus (2017)

Una vez ejecutado el archivo de Dynamo de la *figura 1*, se generarán los muros como se muestran en la figura anterior. Estos muros están colocados según el orden definido previamente y agrupados en dos bloques, uno con los muros exteriores y otro con los muros interiores, como indica la *figura 1*. Acto seguido creamos una vista de sección desde la vista de planta cuyo nivel habíamos seleccionado previamente en la interfaz y aplicamos a la vista su plantilla de visualización correspondiente, como se muestra en la *figura 2*. En esta vista de sección se muestran tres tipologías de muros a los que se les ha colocado unas etiquetas específicas. Estas etiquetas están completamente vacías de contenido, y las imbuimos mediante otro desarrollo con los materiales correspondientes, generando nueva información.

Las etiquetas contienen información de las diferentes capas que pertenecen a cada muro, muestran la descripción de los materiales y generan una cota con la anchura total del muro en su parte inferior. Además, definen cada una de sus capas mediante una línea directriz, como se puede observar en la *figura 3*. El proceso se completa con unas etiquetas genéricas que muestran la marca de tipo de cada muro, como se puede apreciar en la parte superior de la imagen. Estas marcas han sido numeradas correlativamente en función de

la clasificación descrita anteriormente, con un prefijo siguiendo su uso exterior e interior, previamente seleccionado en la interfaz.



Fig. 3 Etiquetas de muros. Fuente: Ingennus (2017)

Este proceso es un ejemplo de reutilización de información ya contenida en el modelo. Gracias a él podemos utilizar el trabajo generado previamente en forma de datos, alojados en los muros del proyecto. Simplemente se plantea la reutilización de una información en concreto para generar otra información productiva.

En este ejemplo de automatización hemos conseguido una disminución de costes y un aumento de la eficiencia en fase de diseño de proyectos. Si pretendemos compararlo con metodologías clásicas puede resultar una tarea bastante compleja como se ha expresado con anterioridad, si por el contrario lo comparamos con otros procesos BIM cuyo objetivo es generar la misma información, la reducción de tiempos tanto en definición inicial como en gestión de posibles cambios que se puedan producir en los muros, es bastante cuantiosa. Los tiempos de trabajo de este proceso están en torno a 35 minutos para su definición completa. Teniendo en cuenta la colocación de la vista en el plano y que cualquier modificación posterior consiste en volver a ejecutar los desarrollos de Dynamo anteriormente mencionados, podemos considerarla una reducción de recursos bastante amplia en torno al 70% del coste inicial, según los proyectos en los que ha sido aplicado este flujo de trabajo, comparándolo con otros procesos realizados en proyectos predecesores.

A continuación vamos a estudiar los pasos previos y la organización necesaria para que resulte productivo el proceso y que encaje en el flujo de trabajo general del proyecto.

Debemos tener en cuenta la información alojada en los muros para su clasificación y la fase de proyecto previa que va a recoger estos elementos para evitar la duplicidad en medición y tablas de cuantificación.

### 2.1.2 Cálculo de huecos en fachada en función de la orientación

El siguiente desarrollo calcula datos relativos a la habitación y a los muros que la encierran. El resultado son los datos de porcentaje de huecos en fachada, de área de macizo y área de hueco, agrupados en función de la orientación. Véanse los datos calculados colocados en la habitación del modelo, como se muestra en la figura 4.

El proceso manual de cálculo de porcentaje de hueco en fachada es una tarea repetitiva que hemos conseguido eliminar y replicar mediante una única automatización. Este cálculo es otro ejemplo de información obtenida desde el propio modelo. En este caso la materia prima es la geometría del mismo para calcular y asociar los huecos de fachada a muros, y estos asociarlos a su vez a las habitaciones que encierran en función de su orientación.

Este proceso de cálculo se realiza en todos los proyectos con el objetivo de aplicarlo en una serie de necesidades, por ejemplo, en la elección de vidrios o en distribuciones de fachada y tamaño de ventanas, etc. Estos datos se exportan a Excel, lo que nos permite estudiar y evaluar con datos reales el porcentaje de hueco en fachada para cada habitación de manera individual o para cada vivienda conjuntamente en la planta, incluso agrupar los datos por planta y así estudiar posibles variaciones entre diferentes orientaciones de fachada o niveles.

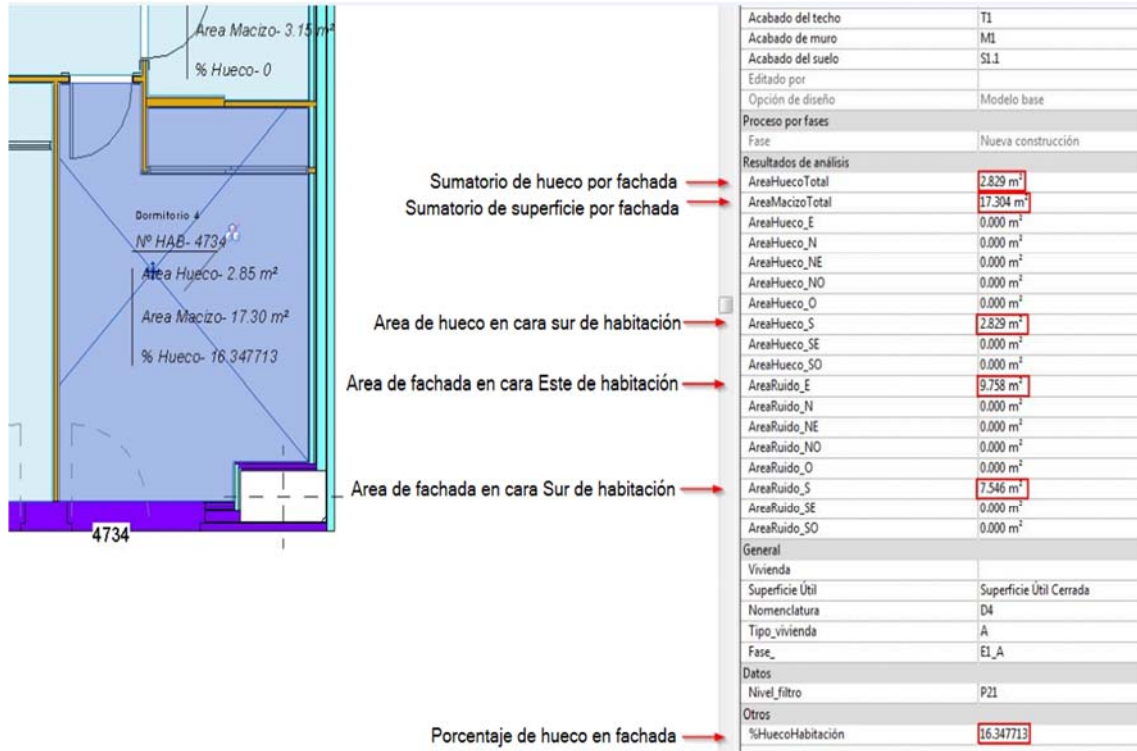


Fig. 4 Detalle de parámetros de habitación. Fuente: Ingennus (2017)

Este proceso ya ha sido aplicado con éxito en diferentes proyectos y la cuantificación de esfuerzos nos arroja datos interesantes. Comparado con métodos básicos, cuyo objetivo es calcular manualmente el mismo resultado, tanto la obtención de datos como la eliminación del error humano en el proceso son indicativos a tener en cuenta. En lo referente a la obtención de datos, la carga de trabajo varía significativamente en función del número de viviendas y la variabilidad entre ellas. Es decir, cuanto mayor es el proyecto, mayor es la rentabilidad de esta automatización en cuestión, siendo aplicable y rentable aplicarlo en proyectos de más de 20 viviendas. Por otro lado, si atendemos a la eliminación del error humano, es obvio que en procesos de generación de datos y manejo de los mismos, la posibilidad de incidencias es un concepto a tener en cuenta. Como hemos comentado con anterioridad, la eliminación de tareas y procesos repetitivos que no aportan valor al proyecto es uno de los objetivos fundamentales. En cuanto a reducción de tiempos, la aplicación del presente desarrollo convierte tareas con una extensión de días en función de la cantidad de viviendas, en procesos en torno a 120 minutos para proyectos de cualquier dimensión.

Ya que los datos se obtienen desde el modelo, podemos asociarlos a otra información que resulte interesante y que pertenezca al mismo modelo. Su aplicación no ha de centrarse, por tanto, solo en el resultado descrito previamente, sino que puede ser aplicado de diferentes formas para obtener distintos objetivos en función de la necesidad del momento.

### 2.1.3 Estudio de la incidencia del sol, sobre un plano de altura variable en las habitaciones del proyecto

El objetivo es calcular qué porcentaje de superficie horizontal de cada habitación recibe luz directa del sol, analizada sobre un plano de trabajo de altura variable. Se ha llevado a cabo definiendo una malla de densidad variable sobre dicho plano de trabajo y evaluando la incidencia del sol desde el exterior, atravesando la ventana sobre tres puntos distribuidos en la parte superior. Los resultados nos permiten evaluar el porcentaje

de sombra que recibe el plano de trabajo y la interacción de la habitación con los edificios colindantes (figura 5).

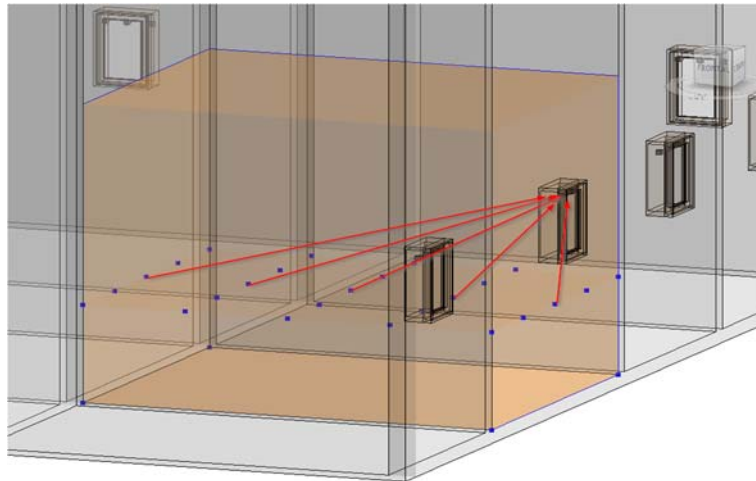


Fig. 5 Malla de puntos de cálculo. Fuente: Ingennus (2017)

El desarrollo evalúa la superficie de la habitación y, acto seguido, genera una distribución de puntos uniformes en función de la densidad que queramos evaluar. Finalmente realiza una proyección de los puntos de la malla sobre la parte superior de las ventanas. Estos vectores son prolongados hasta colisionar con los edificios colindantes (Figura 6) y, depende si generan o no sombra, devuelven la información a la habitación correspondiente. De esta forma podemos calcular el porcentaje de sombra en un plano de trabajo determinado.

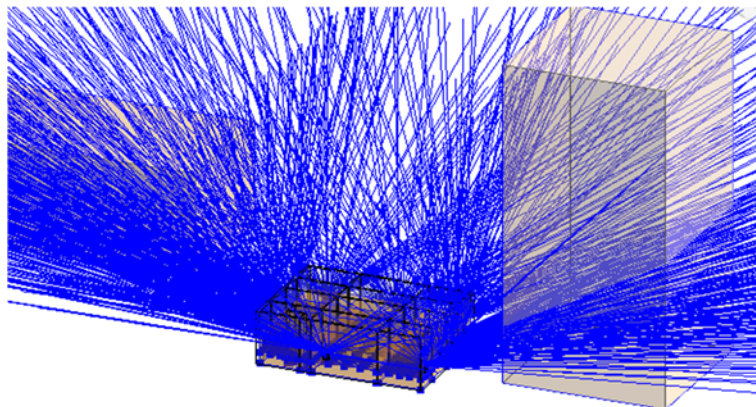


Fig. 6 Proyección de puntos de cálculo frente a edificios colindantes. Fuente: Ingennus (2017)

Como se puede observar en la figura anterior, los vectores identifican qué puntos de la distribución generan sombra sobre la habitación y cuáles no. Esto nos permite identificar el porcentaje de sombra correcto, que es el objetivo final del desarrollo.

### 3. Conclusiones

El modelo BIM es una fuente de información, y como tal, es capaz de nutrir nuestros desarrollos y procesos de datos útiles y necesarios para realizar agilizaciones y reducciones de tiempos en el diseño de proyectos. Esto ocurre de la misma manera que un escultor va dando forma a un objeto y se basa en su propio trabajo y en el desarrollo actual, para reorganizar ideas y tomar decisiones sobre las formas y la utilización del material

existente. Los modelos cada vez en mayor medida nos van a proporcionar la información necesaria para su propio diseño y definición. Serán los propios modelos los que nos muestren las opciones de las que disponemos y nos aclararán y mostrarán el camino a seguir para la obtención del resultado más óptimo.

#### **4. Referencias**

FORO DE DYNAMO (2017). < <https://forum.dynamobim.com/>> [Consulta: 15 de abril de 2017]

COMUNIDAD DYNAMO (2017). < <http://dynamobim.org/>> [Consulta: 15 de marzo de 2017]

INGENNUS URBAN CONSULTING, Autodesk Revit Architecture (2017), Calle Alfonso I, 17, 8ª Planta (50003 Zaragoza, España)

## Impact of BIM methodology on design organizational processes

Villa, Valentina<sup>a</sup>; Di Giuda, Giuseppe Martino<sup>b</sup>; Lavinia Tagliabue<sup>c</sup>; y Angelo Luigi Camillo Ciribini<sup>c</sup>

<sup>b</sup>Departamento DISEG, Politecnico di Torino, Italy, <sup>b</sup>Departamento ABC, Politecnico di Milano, Italy, y <sup>c</sup>Departamento DICATAM, Università degli Studi di Brescia.

---

### Abstract

PAS 1192:2 defines the BIM process starting with the Employer's Information Requirements, which contains all BIM project requirements. Nevertheless, some parts of EIR should be proposed by tenderer that know better internal processes of each organization. An Economically Most Advantageous Tender (MEAT) was draft, in order to evaluate both methodological and instrumental skills of architects. Exchange of information between different disciplines of the project, the level of graphic and non-graphic details, etc. This research analyzed the impact of EIR's requirements into organizing processes, in order to understand real effects of the Building Information Modeling methodology in the project phases. The focuses are mainly related to (i) collaboration among architect, structural, electrical and MEP designers, and the public client; (ii) processes, interaction and procedures, (iii) human resources and instruments put in place for the project. In the first part of the paper, tender criteria were presented in term of requirement, content and points assigned. Than an accurate analyze of MEAT tender results was carried on. Twelve design studies submitted bids and data showed interesting level of BIM implementation.

**Keywords:** BIM, Change management, EIR, Information requirements, Public Procurement.

---

### Resumen

PAS-1192:2 define el proceso BIM que comienza con los Requisitos de Información del Empleador (EIR), que contiene todos los requisitos del proyecto BIM. Sin embargo, algunas partes de EIR deben ser propuestas por el licitador que conoce mejor los procesos internos de cada organización. Una oferta económicamente más ventajosa fue el borrador, con el fin de evaluar las habilidades metodológicas e instrumentales de los arquitectos. Se detectó el intercambio de información entre las diferentes disciplinas del proyecto, el nivel de detalles gráficos y no gráficos, etc. Esta investigación analizó el impacto de los requisitos de EIR en los procesos de organización, a fin de comprender los efectos reales de la metodología BIM en las fases del proyecto. Los enfoques se relacionan principalmente con (i) la colaboración entre arquitectos, diseñadores estructurales, eléctricos y MEP, y el cliente público; (ii) procesos, interacción y procedimientos, (iii) recursos humanos e instrumentos puestos en marcha para el proyecto. En la primera parte del documento, los criterios de licitación se presentaron en términos de requisitos, contenido y puntos asignados. Luego se llevó a cabo un análisis preciso de los resultados de la licitación. Doce estudios de diseño presentaron ofertas que mostraron un nivel interesante de implementación de BIM.

**Palabras clave:** BIM, Contratación pública, EIR, requisitos de información, gestión del cambio.

---

## Introduction

Employer’s Information Requirements (EIR) is a key document for the successful delivery of construction projects using Building Information Modeling (BIM) [1]. The Employer Information Requirement is a fundamental document for defining the Client’s needs [2]. The main European reference for the drafting of this document is given by the English standard BSI PAS 1192-2 “Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling” [3]. The contents described in the PAS mainly concern the definition of information exchange and collaborative work requirements, which must be identified and requested in a consistent manner and, of course, with the setting of the whole collaborative process. The collaboration requirements must be defined in the EIR and express the requirements of the Client. The final answers to these needs will be reported, in a coherent and complete way, into the BIM execution Plan, the second essential document for the correct definition of a building process managed with BIM methodology. To be competitive client firms must certainly have to satisfy the needs of their own customers, such as, the Employer’s Requirements [4].

In Italy, the corresponding document is called "Requisiti Informativi di Committenza". It can be said that it derives from the EIR, in fact, as the latter, contains the requirements and specifications of the Customer in reference to the creation and management of the BIM model [5]. With the aim of making the process unitary and not segregating the requests related to the use of BIM to specific documents, we tried to combine the minimum contents requested in the EIR with another document, mandatory for Italian legislation, defined by the regulation Presidential Decree 207/2010 [6], the “Documento Preliminare alla Progettazione (DPP - Preliminary Design Document). The DPP, since almost ten years, contains all the requirements and specifications of the project, and it’s the document that encloses all the requirements of the Customer, starting from the planning phase of the work. Customer Requirement combine with site, environmental and regulatory requirements to produce design requirements, which in turn generate construction requirements [7]. Given the affinity with the DPP contents, it has been implemented with the contents of the EIR. The diagram shown in fig. 1 represents the basic contents of a DPP and the additional information, defined by the EIR, for the request for a BIM process, with the IT requirements.

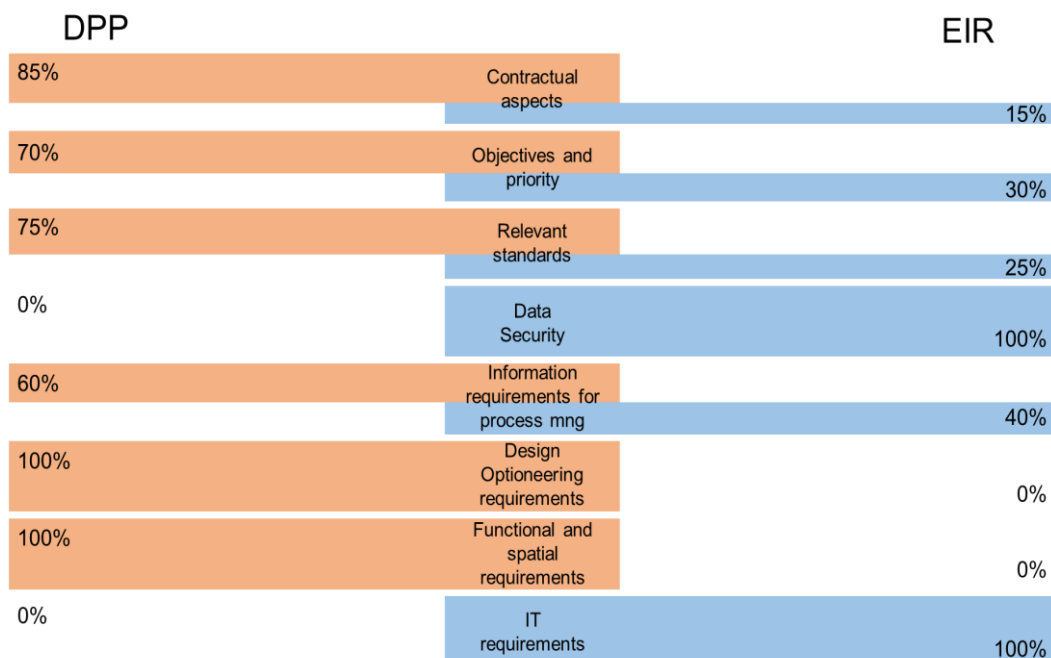


Fig. 1 Diagram with DPP and EIR contents, linked into the italian EIR. Fuente: BIMGroup POLIMI dABC (2018)

The UK BIM standard PAS 1192-2 (BSi, 2013) defines the EIR as a “pre-tender document setting out the information to be delivered, and the standards and processes to be adopted by the supplier as part of the project delivery process” (p.4). It notes the “EIR should be incorporated into tender documentation to enable

suppliers to produce an initial BIM Execution Plan (BEP)" [8]. The English legislation addresses a Client experienced in BIM implementation into its processes and a Client already structured both in technology and in capabilities for managing BIM models and templates. This reality does not exactly reflect the current Italian situation. In Italy, public committees are now entering this theme. With the decree n. 560 of 1 December 2017 [9], which was established in implementation of Article 23, paragraph 13 of the Legislative Decree. 50/2016 [10], a progressive compulsory use of BIM in public procurement was introduced. In particular, the adoption thresholds for BIM were decided; the contracting authorities will have to request, in a compulsory way, the use of electronic modeling methods and tools for the building industry starting from 1 January 2019 for tenders with amounts exceeding 100M € and gradually arriving at 1 January 2025, where it will be mandatory for all tenders with work amount below 1M €. In recent years there has been a preparatory phase and experimentation on case studies, which in many cases has required the support of universities and research centers. For the correct use of the BIM methodology, in fact, first of all a solid management competence (project management and collaboration) must be built, as well as providing all the administrations with a technological system capable of accepting the models and using them to manage real estate assets.

## 1. Employer's Information Requirements

The EIR is a document that must be part of the tender documents and contains all the information that allows those taking part in the tender to draw up the BIM Execution Plan (BEP). EIR establishes the demand and the BEP is the answer to these requests. According to the indications of PAS 1192-2, minimum contents of EIR are divided into a) information management, b) commercial management and c) competence assessment.

The first part is dedicated to the definition of "levels of detail" [11] and training requirements, to work planning and data segregation, to the coordination of models and to the management of clash detection, to the definition of the collaboration process. It also contains the programs of any security and integrity requirements for the project, and the indication of the constraints of file size, as well as the coordinates of the model for the correct positioning in the Customer's reference system [12].

The second part contains the information exchange procedures, the strategic objectives of the Client [13], the required software formats, the responsibility matrix and references to standards or process protocols already in use. The third part contains the details for evaluating offers in BIM. An important note, already contained in the PAS, gives rise to this work for the definition of evaluation rules for offers with a bid in BIM. An important note, already contained in the PAS, gives rise to this work for the definition of evaluation rules for bids with an application in BIM [14]. In point 5.3, note 12, it is specified that the public client often can not be specific in requesting the use of certain software or procedures. In Italian legislation it is not yet clearly defined whether it will be possible to request the use of specific software, e.g. because it is already owned and used by the client. Therefore we can limit ourselves, for example, to request the output formats of all the documents that will be delivered at the end of the work.

## 2. Methodology

The methodology starts from a literature review on the contents of the EIR and studies which informations can be requested directly to bidders [15] [16]. These parts of the EIR therefore become a tender request with an economically most advantageous bid [17] [18] [19], each parts corresponds to scores and evaluations, according to objective criteria established in a timely manner by the announcement. This method was then validated on the case study presented in the next paragraph.

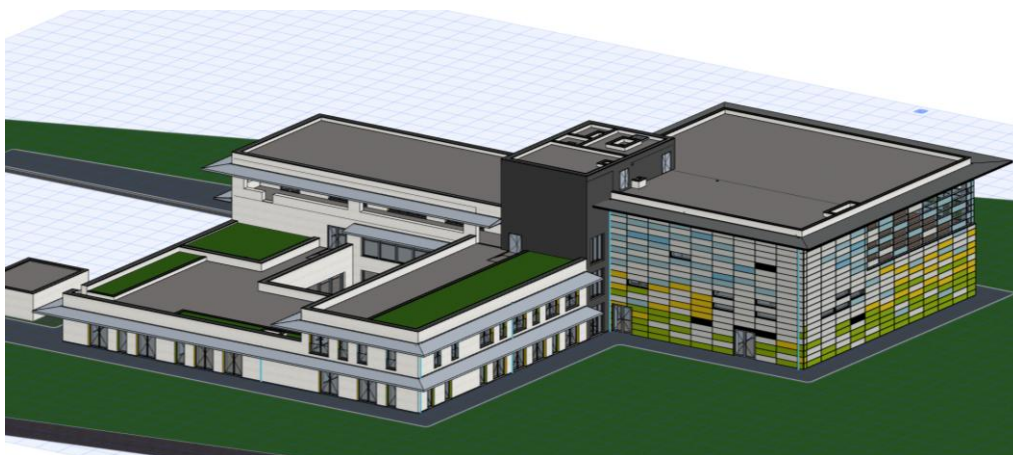
Since the request for the use of BIM in public tenders was not yet mandatory, for Italian legislation it was not possible to give a prevailing score to the building information modeling offer. The call for bids was structured with 80 points of technical offer, 10 points for the economic offer and 10 points for the discount on time. Of the 80 points of the technical offer, 30 have been attributed to requests on the BIM and will be illustrated in detail in the following paragraphs. The requests were aimed at defining the organization of design studies and the information chain.

Of the 30 points dedicated to information modeling 20 points were assigned to the evaluation of the process methodologies and 10 points to the modalities of model construction and IT performance. This was one of the very first bid, last year, where BIM was requested for a small public tender.

Another new element of the call, was to evaluate the presence of young professionals in the participant teams. Five points have been dedicated to rewarding the involvement of young engineers and architects (enrolled for less than five years); the evaluation was closely linked to the percentage of revenue on this work paid to each young person. The results will be analyzed in terms of scores for each design group, in relation to the points of the announcement and an analysis will be made in terms of the impact of the BIM on the organization of the design studies.

### **3. Case study**

The case study [20] for which the bid was drawn up was the definitive and executive design of the new secondary school of the first degree of the Municipality of Liscate. The preliminary design was carried out according to a traditional method and the Client, for the more accurate definition of the subsequent phases of the project, requested the scientific advice of the Politecnico di Milano for the preparation of the tender documentation. The call for tender was made starting from the contents of the EIR specified in PAS 1192-2 and illustrated above, with the aim of clearly indicating which parts were to be integrated by the proposing projects.



*Fig. 2 School BIM model images Fuente: Comune di Liscate (2018)*

### **Objectives**

Even if the request for the methodology and the use of BIM tools is encouraged by European and national legislation, the evaluation of the scores inherent to its application can not, to date, be prevalent.

The most economically advantageous tender proposed, assigns 18 points to the adequacy of the offer, namely to the evaluation of similar projects already carried out by the team; 22 points evaluate the methodological characteristics of the offer, which highlight and reward the management aspects or technological solutions, structural and environmental; 30 points evaluate how to carry out the assignment with Building Information Modeling. BIM, although not prevalent, is the area to which more points have been given and it is the aspect that has been studied to a greater extent and which will be described later in detail.

The information reported in the document "Requisiti Informativi di Committenza" (italian EIR), were also used for the evaluation of the D and E criteria, that is, homogeneity of the working group and presence of young professionals. This last aspect has been introduced to encourage and expand the presence of young people in the design teams and to encourage their involvement also in economic terms. In fact, the assessment does

not include only the inclusion of young professional but also the percentage of revenue paid to them. In conclusion, 10 points were awarded to the time discount and 10 points to the economic discount.

Category C (BIM) has been subdivided into four main sub-criteria (tab. 1), which are in turn divided into specific areas, to more accurately calibrate the awarding of scores.

Evaluation category	Weight	Criteria Code	Criteria	Criteria Weight	Criteria Code	Sub-Criteria	Sub-Criteria Weight
Operating methods with BIM	30	C.1	working methodology and procedures	10	C.1.1	Collaborative methodology	5
					C.1.2	Information exchange protocol	5
		C.2	IT characteristics	5	C.2.1	Workflow management	3
					C.2.2	Software BIM-based used	2
		C.3	Model 4D and 5D	5	C.3.1	Constructability	2,5
					C.3.2	Economical definition	2,5
		C.4	Process management	10	C.4.1	Common Data Environment	5
					C.4.2	BIM Skills – Developed Design	2,5
					C.4.3	BIM Skills – Technical Design	2,5

Table 1. BIM technical offers points (C bid part)

In the "working methodology and procedures" the elements useful for evaluating the collaboration methodology [21] and the information exchange protocols have been identified. In the first part the procedures for creating and exchanging the collaborative model between the various components of the design team and between the team and the client were to be indicated. (tab. 1) A collaborative model is defined as a federated model that can be consulted on the CDE (Common Data Environment) by all parties involved in the process. In particular, the procedures, methods and frequency of sharing must be indicated (e.g. periodic frequency or in real time). The files must be processed directly in the CDE to avoid that the material that can be consulted by the different users is not the most recent version of the same. Schematic procedures were requested through workflows and flowcharts, with a specific description of internal and external file exchange procedures. In point C1.2, on the other hand, the methods for the exchange of information on two levels had to be described and precisely defined: between the professionals of the design team and between the design team and the client. The timing of delivery of reports to the RUP and the methods of communication, including through flow charts, were also specified. The first part evaluates the methodological approach while the second the procedural approach.

The point dedicated to the evaluation of the IT characteristics has also been divided into two parts (tab. 1): the first part evaluates the IT characteristics for the management of the workflow and the second part lists in detail the BIM-based software that the design team intends to use with the indication of the type of software, n. license, version and year of purchase. Finally, the output format that will be delivered to the Customer must be indicated.

The third point was assigned to the evaluation of the modalities of setting up the BIM model for the verification of the constructibility (Model 4D) and for the economic definition of the project (Model 5D). (tab. 1)

For the executive planning it is required the verification of the constructibility and the correct management of the interferences in the design phase, through the 4D model. The schedule attached to the executive project must be connected to the BIM model and all the elements for the protection of health and safety at work and the construction phases of the Safety and Coordination Plan must be coordinated within the model. In this part, the procedures for verifying and coordinating the various models with the time schedule of the works also had to be explained. The predispositions for the management of the work supervision and of the As-Built

documentation through BIM methodology will also be considered. The calculations of the areas and quantities must be consistent with the computation criteria set by the regional price list. For this reason, the design team, specifically for each discipline, will have to define the methods for calculating and transferring quantitative information typical of BIM-based systems (Quantity Take-Off), with the reference computation criteria of the price lists, typical of a traditional computation.

Finally, it is necessary to specify roles and responsibilities of each participants of the project and the Responsibility Assignment Matrix that each team has made, for collaborative management of the design process. In this point should be described the structure of the Common Data Environment proposed and its management, both among the team members and between the team and the client.

The fourth point was divided into two main parts (tab. 1): the detailed description of the Common Data Environment (CDE) and finally the specific skills put into place for the preparation of the final and executive project.

The CDE is the only secure platform for managing project information. It must be used to collect, manage and transmit documentation, graphic and non-graphic information to the entire project team in a shared format in order to make the process interoperable. The creation of this information exchange environment directs the team members to greater cooperation by avoiding duplication of design information. The design team identifies the entity responsible for managing the CDE and the information it contains. All the design team's subjects are responsible for archiving and storing project information within their organization in a secure "space", and making information available to the project team and to the client. The client must, at any time, be able to access the native BIM files and exchange files.

#### 4. Results

Twelve design firms presented a tender offer. Two of the participants were not accepted for defects or shortcomings in the administrative documentation. A first analysis is made on the results of the scores on the total technical offer. As previously mentioned, 80 points evaluated the technical ability of the designers and of these, 30 were assigned in relation to the use of BIM (Fig. 3-a).

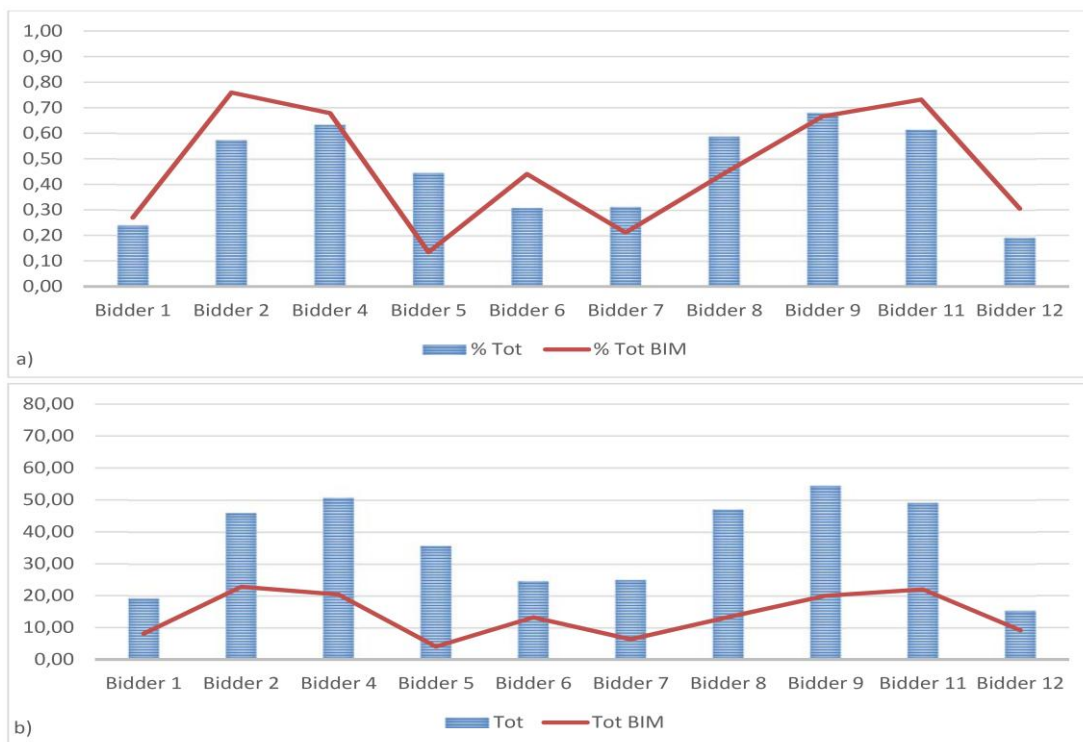


Fig. 3 - a) Points of technical offers (the line indicates BIM points) b) Percentage of technical offers points (the line indicates BIM points)

None of the participants exceeded 60 points total; 5 out of 10 exceed half of the technical score. These are the same offers that exceed half of the score dedicated to the implementation of the BIM in the project. An interesting analysis can be made by calculating the percentage of the scores on the total. In this case it can be noted that 6 offers have higher scores for BIM, compared to the percentage of points taken according to design requests. In particular, the 2 and 11 reach the maximum, earning 70% of the technical scores dedicated to BIM (fig. 3-b).

In the following (fig. 4) results are subdivided into the 4 parts described above. It can be noted that there are always 2 or 3 offers that are imposed with respect to the others and that the 2, 4, 9 and 11 alternate on the four requests of the announcement.

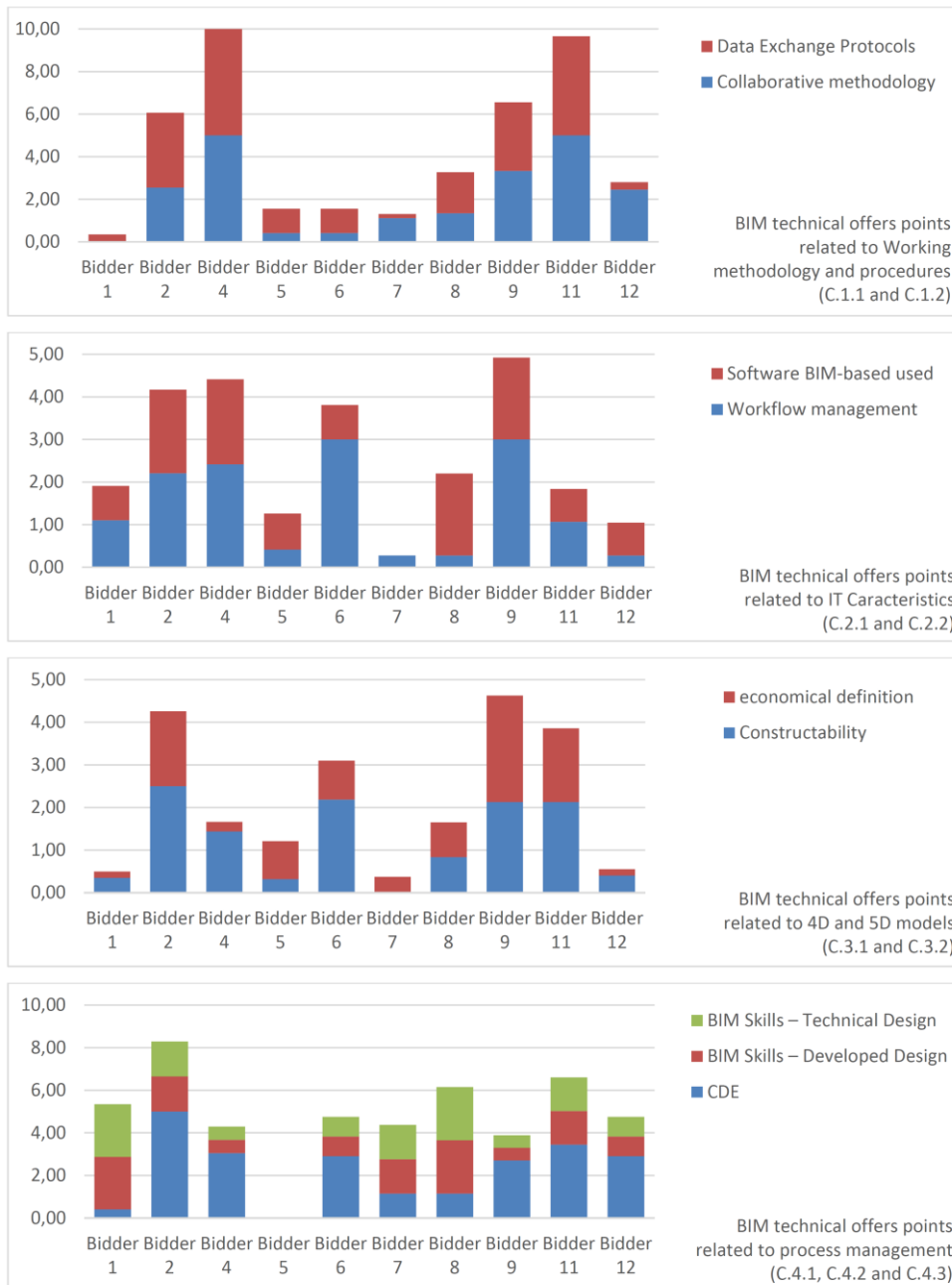


Fig. 4 Histograms of BIM technical bidders offers points

The structure of the tender investigates the organizational structure of the design firm and the relationships between the various specialists. Specifically, the client had the need to select the bidder in relation to the way the Order was managed among the various subjects responsible for architectural, structural and plant design. As can be seen in fig. 5 there are studies that have more proven skills in the field (es. Bidder 1 e 8) maybe not

fully supported by the tools and the organizational structure necessary for the correct implementation of the system.

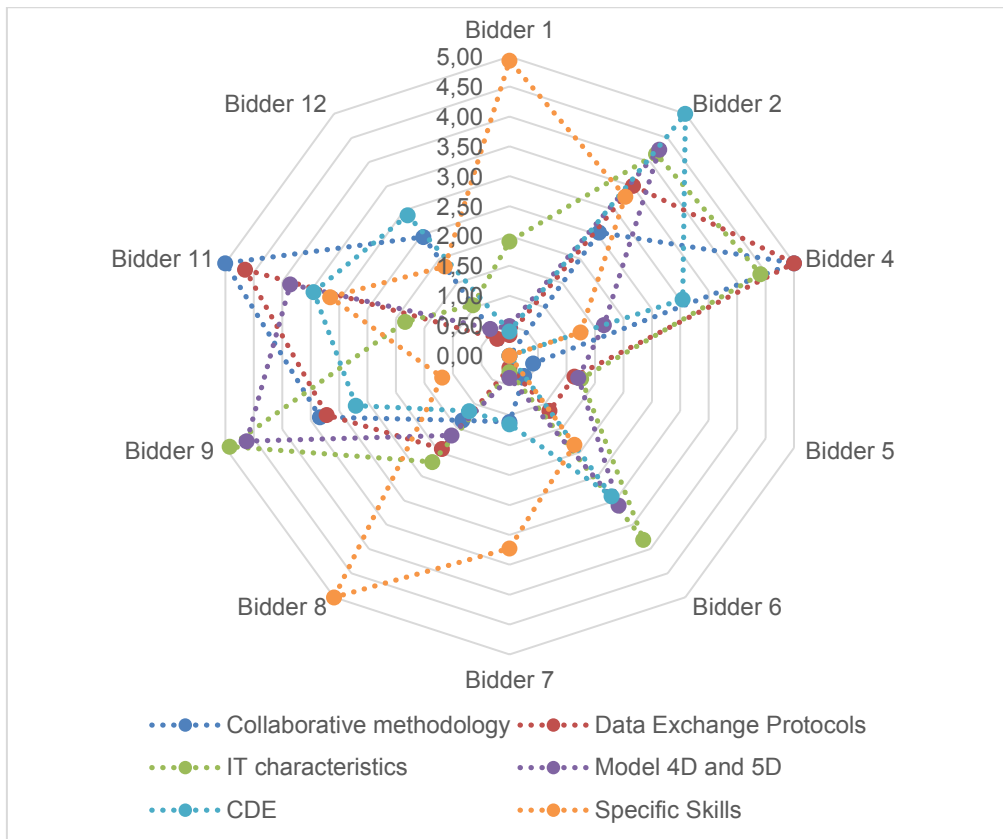
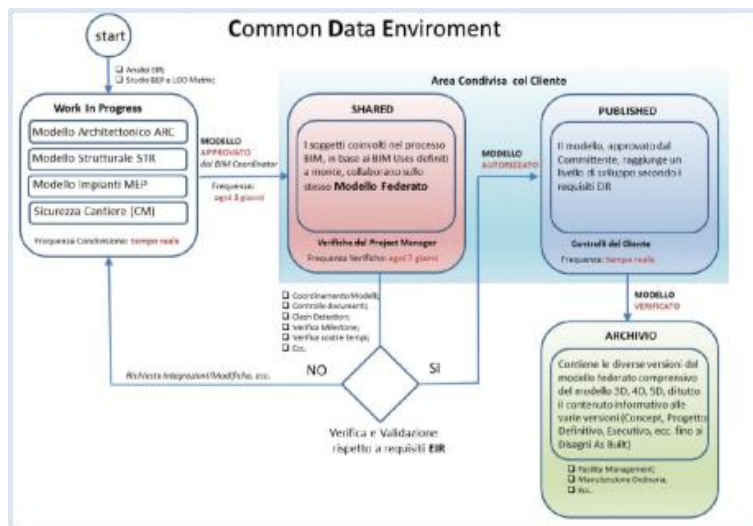


Fig. 5 BIM technical offers points related to different topics

Other studies, however, such as the offer 5 and 12, despite having had the desire to participate in such an innovative competition, are currently very far from the requests of a client trained on the subject of BIM. The proposals presented contained the structure of the Common Data Environment (Fig. 6), largely derived from the configuration described in the PAS and modified with respect to the specific needs of the project.



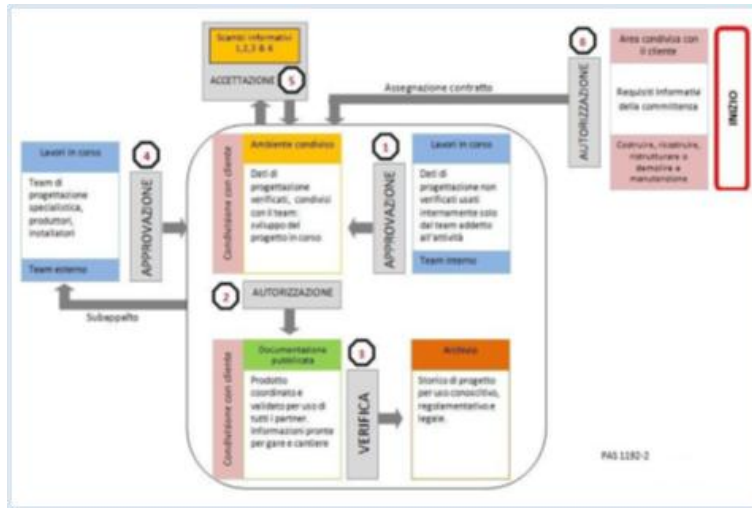


Fig. 6 BIM technical offers points related to different topics

The offers also had to present the work workflows and the structuring of the design team, with the precise indication of the information exchanges, which, among other things, had to correspond to a precise timing and reporting. Each team presented different workflows, depending on the organization already present.

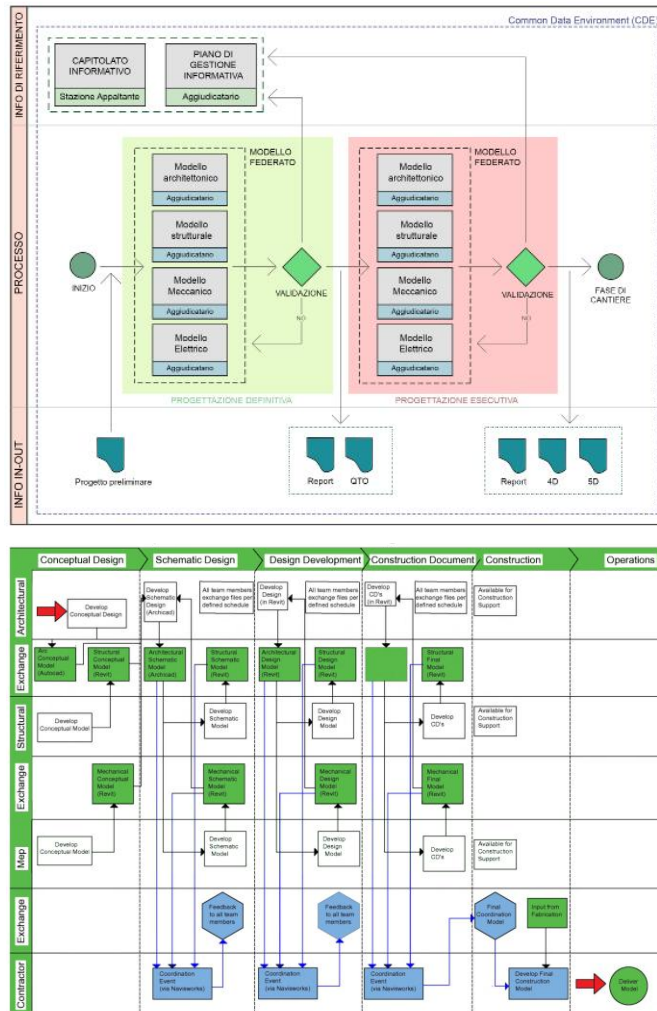


Fig. 7 Examples of Process Map: BIM Model Exchange

This was generally referred to as exchanges with other professionals, temporarily associated with the offering structure (structuralists, installers, geologists, etc.). The result was the delivery of the "BIM Model Exchange" map (Fig. 7), which is configured at this stage as an attachment to the BIM Execution Plan Pre-contract.

## 5. Conclusions

The case study showed that, faced with a precise and informed request from the Client, the design structures respond with informed and relevant offers. In particular, it is important to note that the structures of the workflows are not derived from examples, but each has developed its own system of data exchange and relations between the various subjects. The setting of PAS 1192-2 proved to be particularly significant. The contents of the EIR to be requested by the designers have become evaluation criteria among the teams. The offers are therefore configured with many "BIM Execution Plan pre-contract". The winner of the competition, therefore, produced a "BIM Execution Plan post-contract" with all the information concerning the project and the process.

## 6. Referencias

- [1] HAFEENZ, M. A., CHAHROUR, R., VUKOVIC, V., DAWOOD, N., & KASSEM, M. (2016). *Investigating the potential of delivering employer information requirements in BIM enabled construction projects in Qatar*. In *IFIP Advances in Information and Communication Technology* (Vol. 467, pp. 159–172). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-33111-9\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-319-33111-9_15)
- [2] HAFEENZ, M. A., AHMAD, M., CHAHROUR, R., VUKOVIC, V., DAWOOD, N., & KASSEM, M. (2016). *Principles and recommendations for client information requirements for BIM enabled construction projects in Qatar*. *International Journal of Product Lifecycle Management*, 9(3), 198. <https://doi.org/10.1504/IJPLM.2016.080503>
- [3] BSI (2013). PAS 1192-2:2013. *Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling*. British Standards Institution
- [4] KOMETA S.T., OLOMOLAIYE P.O. (1997). Evaluation of factors influencing construction clients' decision to build, *J. en Management engineer*, ASCE
- [5] DWAIRI, S., MAHDJOUBI, L., ODEH, M., KOSSMANN, M., ARAYICI, Y., AHMED, V., ... ZAVE, P. (2016). *Development of OntEIR Framework to Support BIM Clients in Construction*. *International Journal of 3-D Information Modeling*, 5(1), 45–66. <https://doi.org/10.4018/IJ3DIM.2016010104>
- [6] Italia. d.P.R. n. 207/2010, de 5 de octubre. Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE
- [7] J.M. KAMARA, C.J. ANUMBA, N.F.O. EVBUOMWAN, (2000) "Process model for client requirements processing in construction", en *Business Process Management Journal*, Vol. 6 Issue: 3, pp.251-279
- [8] ASHWORTH S., TUCKER M., DRUHMANN C., (2017) "Employer's Information requirements (EIR): A BIM case study to meet client and facility manager needs", en *16th EuroFM research Symposium*
- [9] Italia. Decreto n. 560/2017 de 12 de enero 2018.
- [10] Italia. D. Lgs. n. 50/2016 de 18 de abril. Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonche' per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture.
- [11] Di Giuda, G., Villa, V. and Loreti, L. (2016). Definition of Incremental Information Data for BIMbased Project, proceeding of the ISTeA conference, Milano.
- [12] BURT, B. (2009). *BIM Interoperability*. *Structure Magazine*, (December), 19–21. Retrieved from [http://cdn.lineshapespace.com/2015/01/bim\\_interoperability.jpg](http://cdn.lineshapespace.com/2015/01/bim_interoperability.jpg)
- [13] HUNGU, C. F. (2013). Utilization of BIM from Early Design Stage to facilitate Efficient FM Operations. *Chalmers Reprocenter*, 98, 1–71.

- [14] BARLISH, K., & SULLIVAN, K. (2012). How to measure the benefits of BIM - A case study approach. *Automation in Construction*, 24, 149–159. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.02.008>
- [15] AL AHBABI, M., & ALSHAWI, M. (2015). BIM for client organisations: a continuous improvement approach. *Construction Innovation*, 15(4), 402–408. <https://doi.org/10.1108/CI-04-2015-0023>
- [16] ASHWORTH, S., TUCKER, M., DRUHMANN, C., & KASSEM, M. (2016). “Integration of FM expertise and end user needs in the BIM process using the Employer’s Information Requirements (EIR)”, en *Proceedings of CIB World Building Congress Vol 5, 2016, (Vol 5)*.
- [17] DI GIUDA, G., VILLA, V. AND LORETI, L. (2015). BIM to manage public procurement with award criterion Most Economically Advantageous Tender, proceeding of the ISTeA conference, Milano.
- [18] BCA - Building and Construction Authority. (2013). *Singapore BIM Guide - V2.0. Corenet*.
- [19] CONSTRUCTION INDUSTRY COUNCIL. (2013). Building Information Model (Bim) Protocol. Construction Industry Council. Retrieved from <http://cic.org.uk/download.php?f=the-bim-protocol.pdf>
- [20] Giuseppe M. Di Giuda (@gm\_digiuda). “.@sole24ore @24Edilizia orgogliosi di aver portato con @polimi #knowhow e #Innovazione con esempi #NuovaScuolaMelzo #Liscate #LineeGuidaRAI Parte domani la rivoluzione Bim, riguarderà tutti i progetti avviati dopo il 27 gennaio <http://24o.it/OjnOYD> via @sole24ore”. 26 gen 2018,
- [21] DI GIUDA, G., VILLA, V. “Collaborative Design and Collaborative Contracting a Defiant Challenge” en *Digitizing the analogical thoughts in architecture: a menace or a promise?* (2016). IMREADY edizioni.

## Un acercamiento al LEAN IPD en el proyecto para la ampliación del Hospital de Santa Caterina de Salt (Girona)

Roense-Simó, Eva<sup>a</sup>; Isern-Meix, Laia<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Vitaller Arquitectura, BIM Manager ers@vitaller.com, <sup>b</sup>Vitaller Arquitectura, Arquitecta Asociada lim@vitaller.com

### Abstract

*Although the adoption of BIM methodology has already become a reality in Spain, there is still a complete lack of initiatives promoting its application as part of an IPD (Integrated Project Delivery). Beyond the legal complexity of collaborative or relational contracts, this situation is often attributed to a low level of BIM maturity in the construction industry and to the limited knowledge of new organization and management methodologies (mainly Lean Construction) that are required to successfully address a project build upon the principles of the IPD.*

*In this scenario, the extension of Sta. Caterina Hospital in Salt (Girona) is a unique case, since it was the owner itself (Institut d'Assistència Sanitària – IAS, owned by the public administration) who resolved to develop the project in a collaborative environment based on BIM and LEAN, and in which all the stakeholders involved in its design, construction and use (administration, architects, engineers, construction, industrial and medical services) should work together.*

*This paper describes the result of this pioneering process in Spain focused on collaborative design and construction through the experience of Vitaller Arquitectura, the architectural office specialised in the design of healthcare facilities with BIM methodology which won the competition for the extension of the Sta. Caterina Hospital.*

**Keywords:** IPD, BIM, Lean, collaboration, extension, hospital, methodology, contract

### Resumen

*Si bien la adopción de la metodología BIM es ya una realidad en España, aún no existen iniciativas que planteen su aplicación como parte de un IPD (Integrated Project Delivery). Más allá de la complejidad legal que suponen los contratos colaborativos, esta situación se atribuye con frecuencia a la falta de madurez BIM del sector y al desconocimiento de las nuevas metodologías de organización y gestión (esencialmente Lean Construction) que se requieren para abordar con éxito un proyecto según los principios del IPD.*

*En este escenario, la ampliación del Hospital de Sta. Caterina en Salt (Girona) supone un caso singular, puesto que es la misma propiedad (Institut d'Assistència Sanitària - IAS) quien propuso el desarrollo del proyecto en un entorno de colaboración basado en BIM y LEAN y en el que debían participar todos los agentes implicados en su diseño, construcción y uso (administración, arquitectos, ingenieros, constructora, industriales y servicios médicos).*

*La ponencia muestra el resultado de este proceso de diseño y construcción colaborativos pionero en España a través de la experiencia de Vitaller Arquitectura, estudio especializado en el diseño de arquitectura sanitaria y asistencial con metodología BIM, ganador del concurso para la ampliación del Hospital de Sta. Caterina.*

**Palabras clave:** IPD, BIM, Lean, colaboración, ampliación, hospital, metodología, contrato

## **Introducción**

Durante los últimos 20 años, la necesidad de transformación del sector de la construcción se ha mantenido de forma recurrente en el primer plano de la actualidad, evidenciándose especialmente urgente en los últimos años, cuando la globalización económica ha demostrado la flaqueza de uno de los principales motores económicos a nivel mundial.

La diferencia en productividad que existe entre la construcción y otros sectores (como el financiero o el manufacturero) [1], se ha justificado por la singularidad del “producto” que se debe entregar: se cual sea el edificio o infraestructura a desarrollar, el resultado será siempre único, se ejecutará una sola vez, y su producción se prolongará durante un periodo de tiempo mucho más extenso que el de cualquier cadena de fabricación.

En consecuencia, se ha aceptado que la industrialización de los procesos constructivos no era viable, y la innovación y la tecnología se han limitado al ámbito de los materiales, los equipos/maquinaria, las herramientas de diseño o las soluciones constructivas, sin afectar nunca a la metodología o la gestión.

Aún así, la realidad empuja en la dirección del cambio. La sociedad no es ahora la misma que hace 40 años, ni tampoco lo son los edificios que requiere o los promotores que los desarrollan. Los mercados e inversores demandan transparencia. Los proyectos parten de requerimientos mucho más exigentes por lo que se refiere a coste, plazos, calidad y sostenibilidad. Y la tecnología nos proporciona nuevas herramientas, materiales y procesos que ponen a nuestro alcance cualquier reto.

Difícilmente se podrá acometer esta transformación general sin contar con los medios que permitan desarrollar cualquier proyecto con los mismos principios que otros sectores industriales. Por ello, la llegada de los contratos relacionales (especialmente el IPD, Integrated Project Delivery) y de nuevas metodologías como el BIM y el Lean, sobre las que el IDP se asienta, pone las bases para demostrar que es posible hacer las cosas de una forma diferente, promoviendo la corrección de un modelo productivo que, cuando hemos entrado ya de lleno en el s.XXI, únicamente puede calificarse de anómalo.

## **1. La realidad del sector en España**

Tal como se ha expuesto al inicio, las carencias que experimenta la industria de la construcción tienen carácter global pero lo cierto es que todos los análisis muestran una clara tendencia hacia el abandono de los sistemas tradicionales de contratación y gestión de proyectos y la introducción de metodologías propias de los sistemas de “mass-production”.

En esta línea se han desarrollado numerosos proyectos que han demostrado que existe una alternativa real a los controvertidos contratos tradicionales, y el éxito que supone la introducción de los principios Lean y la metodología BIM como herramientas para desplegar los contratos relacionales en toda su extensión [2].

La situación en España presenta un escenario completamente distinto. Tal como refleja el trabajo realizado por Juan Felipe Pons para la Fundación Laboral de la Construcción [3], cuando otros países ponían en marcha iniciativas para incrementar la eficiencia de la construcción, a nivel nacional se atravesaba uno de los mayores periodos de crecimiento del sector inmobiliario que ocultó las carencias y la mala gestión de muchas empresas, dando una falsa imagen de productividad que eliminó cualquier interés por invertir en innovación o resolver los problemas estructurales que desde hacía tiempo afectaban a esta industria.

No es de extrañar que, con la evolución sufrida en los últimos 10 años (2.007-2.017), no sea hasta muy recientemente cuando empiezan a surgir actuaciones en el campo del Lean y el BIM. Así, el Ministerio de Fomento publica por 1era vez en octubre de 2.017 los resultados del “Observatorio es.BIM” [4] que muestran un importante crecimiento de la aplicación de esta metodología, aunque la gran mayoría de las licitaciones todavía no establece ningún tipo de requerimiento BIM.

En cuanto a la aplicación de metodología Lean, su implementación está aún más rezagada, no es hasta 2.015 cuando empiezan a conocerse actuaciones entorno al Lean Construction. Aún resaltando la importancia de este crecimiento, debe señalarse que la mayoría de actuaciones están relacionadas con

acciones de formación y eventos divulgativos (88%) y sólo una pequeña parte se refieren a aplicaciones sobre proyectos, con una gran diferencia entre actuaciones del sector público (24%) frente al sector privado (76%) [5].

## 2. De la teoría a la aplicación. La ampliación del Hospital de Sta. Caterina en Salt (Girona)

En este contexto, a finales de 2015 el Institut d' Assistència Sanitària (IAS), organismo público dependiente del Dept. de Salut de la Generalitat de Catalunya, decide llevar a cabo la ampliación del Hospital Sta. Caterina en Salt, Girona, puesto que el centro requiere una nueva Unidad de cuidados intensivos.

La nueva unidad de la UCI tiene que actuar en coordinación con la UCI del centro de referencia en Girona, el Hospital Universitario Doctor Josep Trueta, dirigiendo el flujo de pacientes críticos del territorio, con unas necesidades de técnicas y exploraciones intensivas pero no complejas. En este caso, además, los condicionantes de partida de la ampliación añadían una elevada exigencia a la complejidad que siempre acompaña al diseño de cualquier equipamiento sanitario:

- La UCI debía estar directamente conectada al edificio existente, con acceso desde una zona actualmente destinada a salas de espera y consultas.
- Era indispensable que el hospital continuara su actividad habitual durante la fase de construcción, también en las zonas directamente conectadas con la ampliación.
- Dado que algunas afectaciones eran inevitables, el plazo de ejecución era corto y muy estricto.

Por otro lado, la nueva UCI debía construirse elevada sobre una planta sótano libre utilizada como zona logística y para acceso de proveedores del hospital, que en ningún caso podía ocuparse o ver interrumpido su uso. Todo ello hacía necesario conseguir la máxima coordinación y colaboración de todas las disciplinas (arquitectura, estructura e instalaciones) para cumplir con los requerimientos contractuales.



Figura 1. Zonificación de la nueva UCI del Hospital Sta. Caterina. Vitaller Arquitectura, (2018)

### 2.1. Forma de contratación y agentes

Esta situación lleva al IAS, que ya tiene implementada en sus servicios médicos la metodología Lean Healthcare, a incluir las metodologías Lean y BIM dentro de la licitación, no como acciones de mejora, sino como requerimientos necesarios, debiendo justificar todos los concurrentes su capacitación en estos dos ámbitos. En concreto, la licitación exigía que:

1. Los adjudicatarios debían implantar los sistemas de gestión Lean design y Lean construction, y justificarlo mediante la presentación de una Memoria de Gestión exponiendo como se abordarían estas metodologías y se aplicarían al proyecto de la nueva UCI.

2. El seguimiento de la planificación debía realizarse necesariamente con metodologías ágiles, lean, last planner system, o similar, basándose en procesos “pull planning”
3. Se aplicaría el concepto de “mejora continua” o “kaizen”
4. Debía hacerse una utilización exclusiva e intensiva de la metodología BIM, tanto en lo que se refiere al avance y gestión del proyecto como durante el proceso constructivo, incluyendo a todo el equipo técnico y a los industriales y proveedores.
5. Se solicita la redacción de un BIM Execution Plan Pre-contractual en el que se definan los objetivos en cuanto a BIM y los usos BIM que de éstos se deriven, los procedimientos para la coordinación entre agentes, protocolo de detección de colisiones, software y otras herramientas a utilizar para edición y gestión de modelos, formatos, etc.
6. Los únicos planos, detalles y documentos gráficos válidos serían los obtenidos a partir de los modelos BIM
7. Debía presentarse la lista de colaboradores y subcontratas/industriales que iban a participar en la fase de definición del proyecto detallado a proyecto constructivo y en la fase de construcción.

Por otro lado, se decidió incorporar al proyecto un equipo formado por los profesionales que tendrían una relación directa con la nueva UCI para que el avance del proyecto se hiciera conjuntamente con los equipos de técnicos, incorporando sus criterios en la toma de decisiones.

El equipo debía estar formado, esencialmente, por el personal asistencial de cada una de las áreas involucradas (médicos, enfermeras, auxiliares), personal administrativo y responsables del departamento de mantenimiento y servicios generales que posteriormente gestionaría el equipamiento en fase de operaciones, así como los responsables de definir las características y la instalación del equipo médico necesario en este tipo de servicios.

### 2.1.1 Proceso de licitación

En la licitación de la 1era fase, Vitaller Arquitectura resultó adjudicatario del proyecto de arquitectura y estructura de la nueva UCI, mientras que SC Enginyeria fue contratado para el proyecto de instalaciones. En ambos casos los proyectos fueron desarrollados con metodología BIM utilizando el modelo y su visualización tridimensional para facilitar la comprensión del proyecto a los equipos asistenciales, menos habituados al lenguaje técnico de plantas y secciones, y para coordinar los dos equipos de diseño. Además, se incorporó ya en esta 1era fase al equipo de profesionales asistenciales y de mantenimiento de la UCI para que participaran en la toma de decisiones respecto al proyecto.

Se obtuvo así un proyecto detallado (o básico avanzado) extraído de los correspondientes modelos BIM y un presupuesto base, ambos utilizados para la licitación de la 2ª fase para definición de proyecto de construcción y ejecución de obra, que en este caso fue adjudicada a la UTE Serom-Dominion, que incluía en su organigrama a todos los agentes que debían participar en la 2ª fase, siendo éstos:

- Ejecución de Edificación- SEROM
- Ejecución de Instalaciones - DOMINION
- Proyecto constructivo de arquitectura - VITALLER ARQUITECTURA
- Proyecto constructivo de instalaciones - PROISOTEC ENGINYERIA
- Lean Management - EFFICAX
- BIM Management - VITALLER ARQUITECTURA

## 2.2. Implantación de los principios IPD en el proyecto de la nueva UCI

La introducción de la metodología del IPD implica una evolución en la forma en que se desarrolla el proyecto puesto que los procesos y flujos de trabajo ya no se definen por empresas sino a partir de grupos multidisciplinares donde las decisiones se toman siempre consensuadamente entre todos los agentes, difuminando competencias y la identificación de un único responsable.

Este nuevo punto de vista sobre la relación que debe establecerse entre todas las empresas y profesionales que intervienen en el proyecto genera numerosas dudas en el caso de España puesto que, tal como expone José Manuel Zaragoza en su artículo para BIM LEARNING [6], según la legislación nacional vigente, y en especial la LOE (Ley de Ordenación de la Edificación) y el CTE (Código Técnico de la Edificación), toda responsabilidad derivada de errores en el proyecto recaerá sobre el proyectista.

No es de extrañar, pues, que esta situación retenga muchas iniciativas para el desarrollo de proyectos de forma colaborativa puesto que, sin el respaldo legal de los contratos relacionales, la responsabilidad legal continuará recayendo siempre sobre el proyectista sin que tenga ninguna relevancia la metodología de trabajo implementada o los acuerdos privados a los que se haya podido llegar a través de contratos privados.

### 2.2.1. *Introducción de principios IPD sobre un marco legal tradicional*

Una vez asumido que no estamos aún en disposición de aplicar la metodología Lean IPD cumpliendo todos sus principios [7], podemos plantearnos qué medidas sí podemos implementar y cuáles podemos adaptar o transformar en soluciones viables.

En el caso de la nueva UCI, la principal dificultad provenía de la imposibilidad de alinear objetivos a partir de los incentivos económicos:

- Se utilizaría un contrato tradicional, por lo que en ningún caso se crearía una organización temporal de empresas que trabajarían en igualdad de condiciones (incluyendo a la propiedad).
- En consecuencia, las empresas y profesionales no podían compartir riesgos y beneficios, eliminando la situación ideal por la que en un contrato IPD se fomenta la alineación de objetivos.
- No todos los agentes iban a participar en el proyecto desde el principio, puesto que en la 1era fase no participan ni la constructora ni las subcontratas.

Estas circunstancias, que parecían eliminar cualquier posibilidad de transformar el sistema organizativo y de gestión del proyecto, se superaron sustituyendo los incentivos económicos habituales (al compartir riesgos y beneficios, los beneficios propios se derivan siempre de los beneficios del conjunto) por otro tipo de incentivos, que se acordó entre todos los agentes que serían incentivos de posicionamiento:

- si el proyecto se resolvía con éxito la administración estaba decidida a impulsar esta metodología de trabajo, por lo que todos los agentes se situaban en una inmejorable situación para optar a nuevas contrataciones
- Al tratarse de un de los únicos proyectos a nivel nacional que se planteaban a partir de principios IPD y metodología Lean y BIM, el éxito del proyecto garantizaba una gran difusión de la experiencia y de los responsables de su desarrollo y ejecución, que podían encontrar retorno también en el sector privado.

Tras conseguir la alineación de objetivos, el resto de principios fundamentales del Lean IPD se establecieron de la siguiente manera:

- Todos los agentes asistirían a las reuniones semanales de planificación y coordinación, y las decisiones se tomarían por consenso entre todos ellos y de acuerdo con el objetivo común
- En las sesiones de trabajo colaborativo, la coordinación del proyecto se llevaría a cabo a partir de grupos multidisciplinares compuestos por profesionales pertenecientes a distintas empresas, pero que trabajaban conjuntamente para la resolución de un problema
- Se aplicarían indicadores de control para evaluar el grado de cumplimiento de los compromisos adquiridos
- Aunque no se compartían riesgos y beneficios, se promovería la confianza a partir de la utilización de libros abiertos, poniendo a disposición de todos cualquier información utilizada en la definición o ejecución del proyecto, y en especial la referente a costes y presupuesto
- La gestión de obra y el seguimiento de la planificación se realizaría con metodología Lean a través del sistema Last Planner

- El desarrollo del proyecto se verificaría y validaría sobre modelos BIM

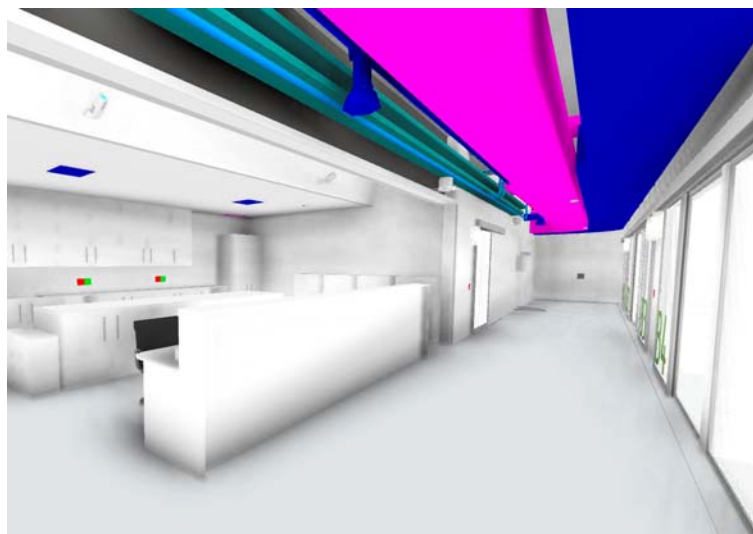
De este modo, se conseguía cambiar las condiciones de partida y promover un entorno de trabajo positivo y basado en la solidaridad entre todos los participantes en la experiencia, aún manteniendo las características propias de los únicos contratos disponibles, basados en el intercambio económico en lugar de la cooperación.

### **2.3. Aplicación de la metodología BIM**

Si bien el proyecto se desarrolló sobre modelos BIM desde el mismo inicio de la 1era fase (para la preparación de los Proyectos detallados/básico avanzado de arquitectura e instalaciones), no fue hasta la 2ª fase, al incorporarse al proceso de diseño las empresas constructoras, instaladores, subcontratas, industriales, y el resto de agentes implicados, cuando la implantación de los flujos de trabajo relativos al BIM y a la transmisión de información se implementaron de forma global.

Vitaller Arquitectura desarrolla desde hace años todos sus proyectos con metodología BIM, lo que le permitió ocupar en la 2ª fase de desarrollo de la UCI una doble responsabilidad dentro de la UTE Serom-Dominion: por un lado debía realizar el Proyecto para Construcción a partir del Proyecto Detallado resultado de la 1era fase, y por otro asumía el BIM Management del proyecto.

Tal como se había ya hecho con la adopción de los principios IDP, se definieron unos objetivos BIM realistas, centrados principalmente en hacer viable la coordinación de todos los equipos implicados, asegurar a todos los agentes el acceso a información fiable y en su última versión verificada, y trabajar de forma anticipada cualquier incidencia o modificación de forma que pudiera resolverse sin afectar al proceso de ejecución y con mínima repercusión sobre el presupuesto. Además todos los planos y documentos para verificaciones o validaciones debían ser extraídos necesariamente de estos modelos para garantizar la coherencia de la información con la que se trabajaba.



*Figura 2. Comparativa entre el proyecto y la obra ejecutada. Vitaller Arquitectura (2017)*



Figura 3. Comparativa entre el proyecto y la obra ejecutada. Vitaller Arquitectura (2017)

### 2.3.1. Protocolo de coordinación BIM de ciclo semanal

El protocolo se basaba en la realización reuniones semanales de coordinación a las que asistían arquitectos e ingenieros de estructuras e instalaciones, pero también los jefes de obra y encargados que posteriormente ejecutarían el proyecto, así como la propiedad y un equipo médico, lo que permitía validar el progreso realizado no sólo desde el punto de vista constructivo, sino también asistencial.

En estas sesiones se presentaban los modelos BIM desarrollados durante la semana por cada equipo, previamente federados por el BIM Manager en un modelo de coordinación. Se utilizaban herramientas específicas de edición o coordinación de modelos (Allplan, Revit y Navisworks) para los aspectos constructivos, mientras que para facilitar la comprensión de los modelos a los equipos no técnicos (servicios médicos, gestores, etc.) se aplicaba también software BIM de visualización (Dalux). El objetivo era revisar el trabajo realizado desde la última reunión:

- Se comprobaban posibles colisiones o interferencias entre sistemas constructivos, y se acordaba una solución teniendo en cuenta las aportaciones de todos los implicados (ingenieros, instaladores, arquitectos, jefes de mantenimiento, etc.).

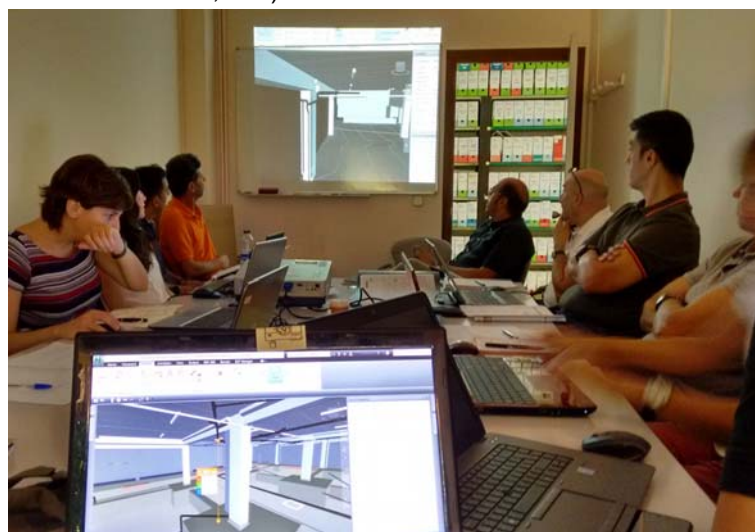


Figura 4. Sesión de coordinación. Vitaller Arquitectura, (2017)

- Se resolvían dudas sobre el diseño previsto, modificándolo cuando podían introducirse mejoras. En este caso, la implicación de todos los agentes permitió encontrar soluciones efectivas sin afectar al presupuesto.
- Los médicos y enfermeras de la Unidad de Curas Intensivas junto con los responsables de la gestión y mantenimiento del hospital verificaban la disposición del equipamiento, la distribución de las instalaciones (pasos de conductos, situación de rejillas, registros, luminarias) y las calidades y características de los materiales, realizando importantes aportaciones al proyecto.



Figura 5. Sesión de coordinación en obra con el equipo asistencial. Cristina Ayats (2017)

#### 2.4. Aplicación de la metodología LEAN

En este caso, el reto era conseguir llevar a cabo los principios de la metodología IPD aún cuando la estructura legal y organizativa continuaba siendo tradicional. Para ello, la Lean Manager del proyecto (Cristina Ayats), estableció un sistema de sesiones de trabajo semanales, destinadas a verificar el avance de la planificación de acuerdo con las tareas comprometidas, a establecer las tareas a realizar durante la semana según el plan detallado, y al trabajo de coordinación y toma de decisiones de forma consensuada. Ya que se realizaban también sesiones de coordinación BIM, ambas reuniones se realizaban conjuntamente, aprovechando los modelos para la valoración de modificaciones y oportunidades de mejora, facilitando así la toma de decisiones.

Las sesiones se desarrollaban a partir de una planificación global o Pull Plan realizada previamente al inicio de la 2ª fase, que se iba detallando a medida que avanzaban las semanas, contando siempre con una definición intermedia a 6 semanas vista, y un desarrollo preciso, con todas las tareas a ejecutar diferenciadas y planificadas, de 2 semanas.

La sesión se iniciaba revisando la planilla de tareas de la semana anterior y comprobando los indicadores de productividad, principalmente el Porcentaje del Plan completado (PPC), así como el Porcentaje de Actividades del Plan Anticipadas (APA). Además, se revisaba el avance económico de la obra, cuáles eran las posibles desviaciones y cómo se podían neutralizar estas alteraciones.

Tras revisar el plan a 6 semanas y determinar qué tareas podían ya pasar al plan detallado de las dos semanas siguientes, se iniciaba el trabajo conjunto para cerrar temas pendientes y eliminar restricciones del plan general (revisión de ofertas de proveedores, discusión de soluciones constructivas, validación por parte de la propiedad de las oportunidades detectadas).

Para evitar sesiones demasiado prolongadas e incrementar la productividad, el grupo se dividía en pequeños “clusters” de trabajo. Cada grupo incluía profesionales de distintos ámbitos según el tema a tratar (constructora, propiedad, arquitectos, personal médico), formando grupos multidisciplinares que sobrepasaban el esquema tradicional de empresas que compiten para defender sus propios intereses para

acercarse a los principios de colaboración y confianza para alcanzar el beneficio del proyecto que rigen una organización basada en un contrato relacional.



Figura 6. Trabajo en "clusters" multidisciplinares para toma de decisiones. Cristina Ayats (2017)

## 2.5. Resultados obtenidos

Si bien en este documento presenta la visión de Vitaller arquitectura respecto al proyecto de la nueva UCI del Hospital Sta. Caterina, podemos afirmar que este primer acercamiento a la realidad de un proyecto IPD ha tenido un fuerte impacto en la forma de afrontar los proyectos de todos lo que han participado el él.

Sin duda los inicios fueron complejos, también para el equipo de diseño arquitectónico, que veía como la evolución y definición del proyecto ya no quedaba exclusivamente en sus manos, sino que debía ser resultado del consenso de todo el equipo. Aun habiendo conseguido alinear los valores de todas las empresas y compartiendo el deseo y la predisposición de trabajar de acuerdo con los principios del modelo IPD, la falta de experiencia se manifestó, principalmente, en dos sentidos:

- Ninguno de los equipos/empresas había trabajado anteriormente con sistemas de gestión Lean, y el nivel de experiencia BIM era también heterogéneo. Había una importante curva de aprendizaje que superar que no coincidía con las necesidades del proyecto, puesto que desde el principio se requería la coordinación en paralelo del progreso del diseño y de su ejecución.
- Aún compartiendo el entusiasmo por empezar a transformar la manera en que actualmente se abordan los proyectos en la industria de la construcción, el cambio de mentalidad no es inmediato, y hay que superar una resistencia inicial de la que a veces no son conscientes ni los mismos profesionales. Deben trabajarse progresivamente los valores transparencia y compromiso, y fomentar la cultura de equipo, evitando señalar culpables que impiden crear un entorno de confianza.

En las primeras semanas de trabajo se evidenció la dificultad de trabajar con un sistema "Pull", en el que se preparan exclusivamente las tareas necesarias según el plan de 2-6 semanas, evitando desarrollar un trabajo que posteriormente debería cambiarse o que simplemente no habría sido necesario en caso de realizar las tareas de acuerdo con su planificación. Así se conseguía reducir el desperdicio e incrementar la productividad global, pero acostumbrados a ejecutar las obras con métodos "Push", las demandas de la constructora-instaladora generaron importantes niveles de estrés en los equipos de diseño, que seguían desarrollando el proyecto constructivo y que aún no podían facilitar todas las respuestas que, por hábitos difíciles de reformar, se demandaban, incluso cuando el ritmo de ejecución no las requería.

Superada la desorientación inicial, el conjunto de empresas (que significativamente se identificaban como "el equipo"), entendió y asumió cuál sería el proceso de trabajo, de modo que al llegar los primeros

contratiempos relevantes (que ninguna metodología puede eliminar por completo) todos los agentes estuvieron preparados para demostrar el compromiso adquirido con los objetivos comunes.

El esfuerzo de todos permitió abordar los 3 meses finales de la ejecución de obra con una planificación desarrollada con máximo detalle a partir de diseños ampliamente verificados y validados sobre los modelos BIM por todos los participantes. En el caso de Vitaller, eso supuso cerrar el desarrollo del proyecto constructivo de arquitectura cuando ni siquiera se había ejecutado el 100% de la estructura, y reorganizar el trabajo habitual de estudio, puesto que el proyecto no se iba definiendo según el orden habitual (distribución, envolvente, acabados verticales, acabados horizontales, carpinterías, detalles constructivos) sino en función de los requerimientos de la planificación global.

En contrapartida, a partir de ese momento la carga de trabajo descendió drásticamente para el equipo de Vitaller, puesto que la ejecución de la obra se realizó con cambios mínimos respecto al proyecto constructivo, y la mayoría de modificaciones eran derivadas de oportunidades de mejora (que permitían un ahorro o una mejora de calidad para la propiedad), lo que se certificaba siempre a través de los libros abiertos de la constructora.

Como resultado, se obtuvo un edificio de calidad arquitectónica y constructiva, y que garantiza su idoneidad desde el punto de vista funcional, puesto que han sido sus mismos usuarios (médicos, enfermeras, jefes de departamento, mantenedores, etc.) los que han contribuido a su definición, convirtiendo la ampliación del hospital en un proyecto propio. Al valor social implícito en el resultado final debe añadirse el haber construido el edificio con desviaciones mínimas en plazo y presupuesto (en este último caso, derivadas principalmente de la petición de la propiedad de contar con una estructura que en futuro pudiera asumir la incorporación de una planta superior, lo que no se había previsto inicialmente).

### **3. Conclusiones**

El haber participado en una de las únicas experiencias entorno a los proyectos IDP a nivel nacional nos deja aún lejos de poder sacar conclusiones generales en torno a cómo debe proceder en España el sector de la construcción si quiere igualar los niveles de productividad y fiabilidad que ya han alcanzado otras industrias.

No obstante, este proyecto, pionero en la contratación pública, pone de manifiesto que los argumentos que de forma continuada se utilizan para descartar formas alternativas de gestionar y desarrollar proyectos son, en realidad, escollos que pueden superarse si alteramos las prioridades que actualmente rigen la construcción (principalmente la reducción del coste) y conseguimos evolucionar hacia formas de trabajo basadas en la colaboración, la aportación de valor y el compromiso.

Con la ampliación de la UCI del Hospital de Sta. Caterina se ha demostrado la viabilidad de las metodologías IPD, incluso cuando legalmente los actores continúan desvinculados. La base de esta metodología se asienta sobre los principios de confianza y transparencia, y puede ponerse en práctica si conseguimos que todos los implicados compartan un objetivo único, eliminando de la escena el contexto de confrontación que conlleva la existencia de fines individuales, que a menudo son además incompatibles.

Tal como expone el McKinsey Global Institute [1], llegados a este punto, Promotores y Propiedad (incluyendo a la administración pública entre ellos) deberían ser los principales impulsores de esta transformación, puesto que también serán ellos sus principales beneficiarios. Aún así, se mantienen en su negativa a asumir riesgos (aún más acusada después de la crisis de la que aún se están recuperando), y reclaman una industria que les aporte confianza, calidad y precios razonables antes de asumir nuevas formas contractuales y ceder parte del control del proyecto al resto de agentes. Por su lado, muchas empresas y profesionales (especialmente contratistas y toda la estructura empresarial que de ellos deriva) temen ver disminuir su margen de beneficio si los criterios de adjudicación pasan a estar basados en los índices de productividad y eficiencia pero no se modifican las condiciones económicas de contratación.

Por lo tanto, la transformación del sector sólo será posible si ambas partes deciden promover conjuntamente el cambio, entendiendo que el esfuerzo de las empresas para incrementar su productividad debe encontrar

una respuesta equivalente entre promotores, y muy especialmente por parte de la administración, que deben estar dispuestos a cambiar las formas de contratación, sustituir los criterios de selección basados en la reducción de costes y presupuesto, y garantizar la transparencia de los procesos de licitación y adjudicación.

#### 4. Referencias

- [1] BARBOSA, F., WOETZEL, J., MISCHKE, J., RIBERINHO, M.J., et al. (2017). "Reinventing construction: A route to higher productivity." EUA: Mckinsey&Company, Mckinsey Global Institute.
- [2] PETÄJÄNIEMI, P., LAHDENPERÄ, P. (2012) "Alliance contracting—one for all and all for one (Finland)." *Proc., European Infrastructure Procurement Symposium, Conflict between Institutional Frameworks and Managerial Project Practice*. Copenhagen, Dinamarca, pp. 12-15.
- [3] PONS ACHELL, J.F. (2014). "Introducción a Lean Construction". *Fundación Laboral de la Construcción*, España, Madrid, pp. 13-14.
- [4] es.BIM, Subgrupo 3.1 (2017). "Observatorio de Licitaciones BIM-Informe 01". España, Madrid, pp. 5-20. <http://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/11/Observatorio-de-Licitaciones-BIM-4.pdf>
- [5] INSTITUT DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓ DE CATALUNYA (ITeC). *Inventario Lean*. <https://sites.itec.cat/lean/> [Consulta: 22 de febrero 2018]
- [6] ZARAGOZA ANGULO, J.M. (2016). "Metodología BIM y legislación Española (parte I)". *BIM Learning*. <https://bimlearning.es/metodologia-bim-y-legislacion-espanola-parte-i/> [Consulta: 22 de febrero 2018]
- [7] THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, CALIFORNIA COUNCIL (2014). "Integrated Project Delivery: An Updated Working Definition". EUA.

## Automatización, veracidad y control de datos en el proceso constructivo

Oya-Sala, Tania<sup>a</sup> e Ibisate-Domínguez, Irene<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Arquitecta en C95 Creative. Taniaoya@c95creative.com, <sup>b</sup>Arquitecta en C95 Creative. Ireneibisate@c95creative.com

---

### Abstract

*In today's digital world evolution is key, otherwise obsolescence will be the result. Innovation and change are required to achieve and maintain success. Hence, our recommendation is to improve processes to increase the quality of the product, focusing on three key concepts:*

*Automation: which allowed us to mitigate potential human error and reduce timing through a better information classification.*

*Truthfulness: through point cloud scanning, we could accurately validate the models, update them real time and facilitate decision making throughout the entire process.*

*And finally, data control: we applied exhaustive governance to the different teams, their plans and their budgets. We were able to identify geospatial and resource conflicts, mitigating risks ahead of the construction phase, enabling us to provide transparency, clear communication and reports to our clients.*

*Throughout the process we were able to visualize these concepts applied to two different projects: a BIM contest created in a very short period of time and a very detailed French mansion. Applying the described processes has enabled us to achieve higher quality, guaranteeing information authenticity, transparency and higher productivity.*

**Keywords:** Building process, automation, programming, coding, plan, point cloud, 4D, 5D, BIM

---

### Resumen

*Actualmente quedarse quieto en el mundo digital es quedarse obsoleto. El cambio y la innovación son necesarios para mantener el éxito. Mejoramos procesos para lograr un perfeccionamiento en la calidad del producto.*

*Para poder lograrlo era necesario apoyarse en tres conceptos. La automatización, la cual nos permitió poder mitigar el factor del error humano y reducir tiempos mediante una mejor clasificación de la información. La veracidad, mediante el escaneo de nubes de puntos pudimos comprobar con exactitud durante todo el proceso constructivo la información de nuestros modelos, realizar su actualización y facilitar las decisiones durante el proceso. Y finalmente, el control de datos, ejercimos un control exhaustivo de los distintos equipos intervinientes y su propia planificación y presupuesto, detectando conflictos geoespaciales y de recursos en fases previas a su construcción, mitigando el riesgo, y ofreciendo reportes en tiempo real de forma clara a nuestros clientes.*

*Podremos ver la aplicación de estos conceptos en dos proyectos distintos, en un corto periodo de tiempo, en un concurso BIM y un proyecto con esmero en los detalles, un palacete francés.*

*Mediante los procesos descritos hemos conseguido proyectos de mayor calidad, que garantizan autenticidad en la información, transparencia y una mayor productividad.*

**Palabras clave:** Proceso constructivo, automatización, programación, codificación, planificación, nube de puntos, 4D, 5D, BIM

---

## Introducción

El sector constructivo a partir del siglo XX deja de ser considerado como un índice de mejora de la sociedad y un signo de innovación como hasta entonces, y se asemeja a una industria artesanal y muy poco productiva. Las inversiones en el sector AEC se basan en un producto final, la gestión y mejora del proceso no se tiene en cuenta. En las fases de preconstrucción y construcción muchas veces es necesario reconsiderar algunas de las soluciones y ajustarlas a un mejor proceso de trabajo. Como consecuencia, surgen muchos contratiempos y malentendidos, que provocan retrasos en plazos y aumento del coste final. Uno de los mayores problemas es que los agentes tienen una visión sesgada, y se pierde la visión conjunta del proceso. Todo esto es propiciado por una rígida estructura, una gran cantidad de agentes intervinientes y la falta de información entre éstos.

Al final del siglo XX, hay un consenso para la creación de un lenguaje compartido de comunicación e intercambio (IFC). Esto supone un nuevo enfoque para la reconversión del modelo de producción del sector. BIM supone el proceso y la metodología para una mejor comunicación, integración e interoperabilidad en el PPC (proyecto preconstructivo y constructivo) que palia los problemas del anterior sistema. Hay una mejora en el proceso, se incrementa la productividad, agregamos valor a nuestro cliente y eliminamos pérdidas.

El contexto actual en España es que se ha empezado a utilizar de manera activa la metodología BIM, centrándose sobre todo en la parte más visual y de diseño. En la presente comunicación se pretende hacer partícipe de las ventajas que nos ha aportado el proceso de mejora en el ámbito de ejecución

### 1. Proceso de mejora en la fase de ejecución

Shigeo Shingo, creador del sistema de producción Toyota que dota de mayor productividad a la empresa, clasifica la mejora según su grado de implementación e impacto sobre el trabajo. Distingue entre mejoras técnicas, que son aquellas que mejoran una operación, las mejoras de sistemas que permiten optimizar el proceso, y las mejoras de conceptos básicos, que son aquellas que rompen el paradigma que se tiene del sistema de producción para crear procesos innovadores.

La productividad y la competitividad siempre van unidas, y existe consenso generalizado de que la industria de la construcción tiene los índices más bajos comparados con otros sectores. La visualización del proceso constructivo mediante simulación previa, y la integración de todas las variables, permite planificar y programar la obra virtualmente, como si se tratase de un ensayo. Permitiendo saber con anterioridad problemas y situaciones no previstas sin la participación de estas simulaciones.

Se introducen tres mejoras en el proceso de ejecución de la empresa que afectan significativamente a un mejor entorno de trabajo, y que benefician a todos los intervinientes.

#### 1.1. Automatización

Cuando oímos el término “automatización” imaginamos robots en fábricas realizando coches en serie. Pero este concepto puede aplicarse a muchas áreas distintas. Podemos definir la automatización como el proceso que permite agilizar el flujo de trabajo repetitivo y garantiza la calidad de los resultados.

Para explicar la implantación de la automatización en nuestros proyectos, vamos a utilizar como ejemplo las medidas que se aplicaron en el proyecto del concurso de Bimtecnia 2017, centrado en la aplicación del BIM en fase de dirección de obra. Se trata de un proyecto de ejecución de “La casa de la música y del teatro”, en Arroyo de la Encomienda, en el cual se requería un modelo constructivo que nos permitiese aportar simulaciones 4D y 5D (planificación y presupuestos), así como la gestión de residuos y seguridad y salud. A continuación, identificamos las tres mejoras de sistema que se aplicaron en el proyecto.

##### 1.1.1. Plugins para acceder a nuestra base de datos

El concurso se tenía que desarrollar en un corto período de tiempo, concretamente en cinco días. Como consecuencia era imposible realizarlo sin utilizar herramientas de tratamiento de la información. Además,

necesitábamos garantizar que el error del factor humano se reducía a lo mínimo, por ello decidimos utilizar la herramienta de clasificación de códigos “Autodesk Classification Manager for Revit”. Es un plugin que nos permite acceder a distintos sistemas de clasificación como Uniformat, Omniclass, o a nuestro propio sistema de datos. Este sistema nos permite acceder a una base externa a Revit de datos y no teclear el código, sino sólo seleccionarlo, lo que reduce exponencialmente los posibles errores de nomenclaturas.

Nosotros en esta ocasión optamos por la utilización de nuestra base de códigos desarrollada con anterioridad. Ésta se apoya en la nomenclatura Gubimclass, y se le añaden apartados detectados necesarios para evolucionarla. Esto nos permitió tener ya una base realizada y asimilada por todo nuestro equipo en la fase de preparación del concurso, antes de que éste comenzara.

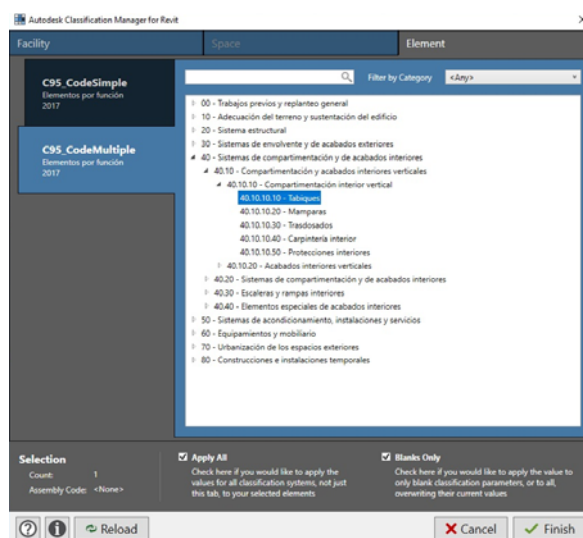


Fig. 1 Plugin Autodesk Classification Manager for Revit. Fuente: Propia (2017)

Utilizamos la configuración de acceso rápido para seleccionando un elemento poder acceder con una tecla a la clasificación. A continuación, seleccionamos la opción de clasificación a la cual pertenece el elemento. Se configuró para que se autorrellenará un parámetro de tipo llamando “ClassificationCodeMultiple”. Se crea para clasificar la información creada y poder realizar simulaciones 4D y 5D en pasos posteriores.

### 1.1.2. Programación C# para creación de códigos automáticos

Después de la asignación de un código de identificación al elemento 3D del proyecto, se debía solucionar el problema de la relación con herramientas existentes en el mercado. Aquellas que utilizamos para realizar simulaciones o proporcionamos en determinados formatos de información a nuestros clientes.

En el día a día es importante la utilización de herramientas por programación que hagan nuestros procesos más productivos, pero al plantearnos el concurso vimos que era indispensable. Por tanto, se opta por la utilización del plugin “Nomenclature” realizado por la empresa. Es un plugin que nos permite partiendo de la información del parámetro de tipo “ClassificationCodeMultiple” asignado a cada elemento, poder autorellenar los parámetros “ClassificationCodeSimple”, “SynchroCodeMultiple”, “SynchroCodeSimple”, “ClassificationCode”, y “ClassificationCode(2)” de todos los elementos del modelo con un solo clic.

El parámetro “ClassificationCodeSimple”, nos permite obtener un parámetro más simplificado que nos identifique un nivel menos en la clasificación del elemento. Este parámetro se utilizará también posteriormente para la creación de otros parámetros dependientes. Por ejemplo, partiendo del parámetro ClassificationCodeMultiple 40.10.20.20, nos resulta el código 40.10.20.

Los parámetros “ClassificationCode” y “ClassificationCode(2)” son parámetros de clasificación que están diseñados para poder ser exportados a IFC. La estructura de la nomenclatura que se crea automáticamente es la siguiente, [Nombre de la clasificación] Código de la Clasificación: Nombre del elemento. Por ejemplo: [C95 Classification] 40.10.20.20: Revestimientos continuos.



Mediante la migración a la nube con Synchro Workgroup Project, se permite colaborar e interactuar con los datos del proyecto de obra en tiempo real. Este sistema permite trabajar varios usuarios conectados simultáneamente al servidor de la base de datos, asignando permisos por empresa, función o usuario.

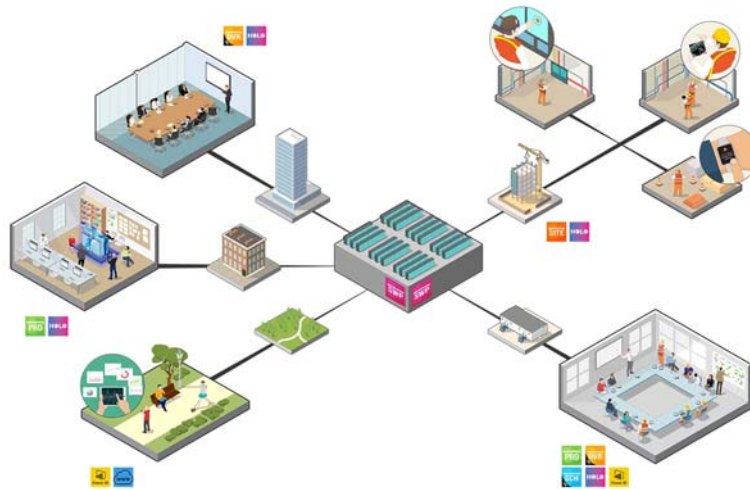


Fig. 3 Synchro Workgroup Project and API services. Fuente: Blog.SynchroItD (2017)

La persona encargada en obra puede realizar las certificaciones de obra directamente sobre los recursos y no es necesario realizar procedimientos repetitivos y automáticos posteriores de traspaso de información. Mediante la asignación de estados de los recursos con la aplicación Site podemos visualizar rápidamente cual es el estado de cada elemento de obra. Toda la información o comentarios quedan registrados, y la información del responsable y fecha en que la realizó.

History

Date	Status	Record date	Critical	User	Note
01/12/17	Formed	27/02/18	False	Tania Oya (Administrator)	Ok
06/12/17	Poured	27/02/18	False	Tania Oya (Administrator)	Ok
15/12/17	Cured	27/02/18	False	Tania Oya (Administrator)	Review
13/01/18	Stripped	27/02/18	False	Tania Oya (Administrator)	Ok

Fig. 4 Trazabilidad de obra de un murete exterior. Fuente: Propia (2018)

A pesar de que este proceso se plantea teóricamente y se realiza una simulación de certificación para el concurso de Bimtecnia, es empleado en múltiples proyectos de ejecución como el palacete francés que se comentará a continuación.

## 1.2. Veracidad de la información

Uno de los aspectos más importantes a la hora de trabajar es poder contar con información real. BIM permite una integración inmediata de información e interoperabilidad entre distintas aplicaciones. Lo que ha favorecido a poder contar con herramientas cada vez más eficaces para obtener datos veraces.

Para poder mostrar de forma más clara las distintas mejoras que se introducen nos vamos a apoyar en documentación del proceso de ejecución de un palacete francés. Una construcción existente en cinco plantas, en una de las zonas más céntricas de París.

### 1.2.1. Escaneado de nube de puntos

Hoy en día es inconcebible en la empresa llevar a cabo un proyecto sin contar con tecnología de captura de datos. Este soporte nos permite modelar la realidad existente proveniente de una toma de datos sobre el terreno. Dependiendo de las características del proyecto a levantar, el método de captura de datos será más

o menos exhaustivo. Por ejemplo, para el proyecto en París hemos utilizado el láser escáner BLK360 incorporado recientemente, lo que nos ha permitido obtener información precisa y rápida del estado existente del edificio.

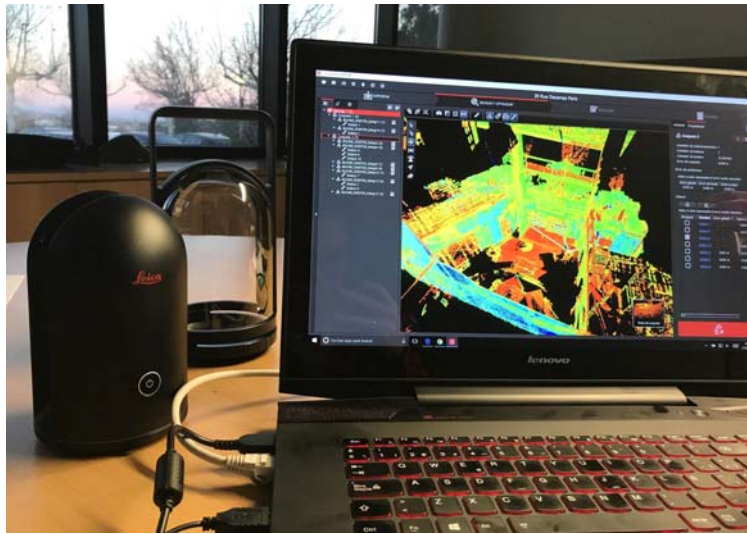


Fig. 5 Nube de puntos del proyecto de París realizado con el BLK360. Fuente: Propia (2018)

### 1.2.2. Replanteo BIM

El replanteo tal como se conoce hasta la incorporación de la metodología BIM, consiste en plasmar en un terreno detalles representados en planos 2D, normalmente impresos o en DXF. Es una medición práctica in situ, en ella dejamos marcadas todas las medidas o puntos de interés.

Actualmente, empleamos “iCON build” para poder mejorar este proceso. Esta herramienta permite efectuar todas las tareas de posicionamiento que requerimos, pero teniendo como base ya no archivos DXF, sino pudiendo partir de la base desarrollada en el estudio en formato IFC. Mediante el sistema de advertencia por códigos de colores obliga a mantener las tolerancias adecuadas a la hora de plantear cuando nos ajustamos al punto de replanteo con el prisma.



Fig. 6 Replanteo con Leica iCON del proyecto de París. Fuente: Propia (2018)

Las ventajas que hemos encontrado han sido que podemos replantear mediante una tableta exactamente cada punto 3D ubicado en el software de modelado de forma muy eficaz, lo que se traduce en una ganancia cuantiosa de tiempo. Nos permite trabajar con precisiones muy altas y contar con unos datos reales en todo

momento adecuados a la simulación constructiva creada. Contamos con “iCONNECT”, sistema que nos permite enviar los cambios del proyecto al campo para un avance inmediato.

### 1.2.3. Adecuación del modelo a la realidad

El resultado que se obtiene del escáner 3D es una nube de puntos que después de un proceso de ensamblado y tratamiento en softwares específicos, es importada a una plataforma BIM. Después de este proceso, podemos proceder a comenzar con el modelado. La mayoría de las principales plataformas tienen herramientas integradas de importación y edición de nubes de puntos. Como en nuestro caso, con el uso de Revit.

Una vez importada la nube de puntos tan solo queda modelar apoyándonos en ella. Es verdad que ahí es el punto donde más suelen flaquear las plataformas BIM, ya que entre las funciones desarrolladas no contemplan de manera muy adecuada la creación automática de elementos directamente de los datos de las nubes de puntos. La nube se utiliza como una referencia sobre la que ir modelando los elementos, como ayuda para tener ubicados correctamente en el espacio los puntos y tener seguridad de las dimensiones reales del proyecto.

Para poder paliar este hecho, mediante Leica iCON build en obra se chequean todos los elementos que forman parte del proyecto mediante la importación en formato IFC. Se comprueban las distintas dimensiones de lo ejecutado y se ajusta la información de modelado para trabajar en todo momento con dimensiones reales y obtener un modelo as-built que corresponda a lo ejecutado. Para poder garantizar un intercambio a tiempo real de los datos de obra se utiliza ConX, una solución en la nube con una interfaz web que permite gestionar, visualizar y compartir datos 3D de construcción. Se evita regresar a campo, pudiendo revisar datos desde las oficinas antes de dejar la obra.

## 1.3. Control de datos

Se han tratado dos áreas de mejora importantes en la ejecución, contar con información real y poder automatizar procesos para incrementar la productividad y mitigar los posibles errores humanos. Pero la cuestión ahora es, cómo podemos gestionar y aprovechar muchos de estos datos para obra.

### 1.3.1. Control de la Información de proveedores y subcontratas

Uno de los avances que se aplica con inmediatez es la presentación, de forma clara y atractiva, de la evolución del trabajo. Para ello se utilizan softwares para la creación de simulaciones 3D, donde se incluye toda la información respecto a tiempos de obra, progreso y presupuesto ejecutado de forma detallada. Esto **permite** mostrar el proceso al cliente. Tanto en el proyecto del concurso como en el palacete francés, se han realizado reportes del estado de la obra. En el siguiente código QR podemos ver el vídeo presentado para el concurso, donde nos muestra el reporte en fases tempranas de la obra, y la planificación general de ésta.



Con la implantación de la metodología BIM cada agente subcontratado puede introducir su propio plan de obra y sus datos de presupuesto. En nuestro caso al desarrollarlo con el software Synchro nos permite darle diferentes permisos de edición, lectura y supervisión según el agente interviniente. Desde la empresa podemos gestionar la información aportada y realizar un seguimiento del conjunto de la obra. Podemos, por ejemplo, calcular cuánto coste de la tarea tenemos realizado en obra, o llevar una trazabilidad de los

cambios nuevos que se han aprobado y aplicado, los cuales van a ser presupuestados en una orden de cambio.

Tenemos un entorno con información de todos los proveedores y subcontratistas que intervienen en la obra, con todos los datos de contacto y páginas web asociadas en el software. Esto permite tener un entorno colaborativo mayor y accesible, que nos permite solucionar los problemas de forma más eficaz.

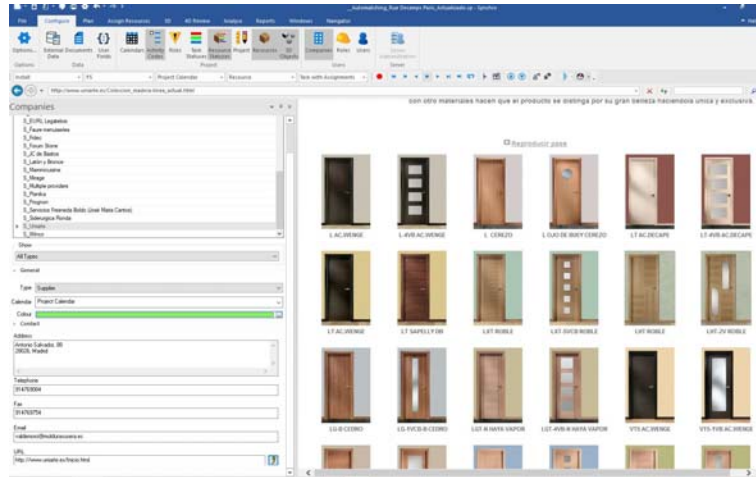


Fig. 7 Información de proveedores y subcontratistas en el proyecto de París. Fuente: Propia (2018)

### 1.3.2. Identificación de futuros conflictos

El hecho de contar con un modelo tridimensional con información asociada a cada elemento permite la detección y resolución de problemas con mayor precisión y rapidez. Podemos gestionar diferentes conflictos futuros que se pueden dar, tanto estáticos como dinámicos. Hay múltiples softwares que nos pueden ayudar a la detección, pero se opta por los siguientes.

Mediante el software Navisworks Manage se procede a detectar los conflictos estáticos del modelo. Permite crear sets y programar la detección de interferencias con márgenes personalizados. En cambio, para la detección de conflictos dinámicos, es decir de movimiento, se utiliza Synchro. Éste nos permite gestionar no sólo el estado final de los elementos, sino el proceso de obra.

En definitiva, numerosos estudios cuantifican un ahorro medio de 15000 euros por interferencia detectada y semana de trabajos. La no aplicación de la detección de interferencias a través de la metodología BIM es no considerar debidamente los beneficios en tiempo, recursos y presupuesto que ello supone.



Fig. 8 Simulación del proceso constructivo en el proyecto de París. Fuente: Propia (2018)

## 2. Conclusiones

El objetivo principal de la comunicación es analizar y mostrar los beneficios y las mejoras en la fase de ejecución de obra que se han ido detectando y aplicando. Hoy en día podemos concluir con las siguientes afirmaciones resultantes de nuestra experiencia.

La metodología BIM favorece a todos los agentes que participan en el proceso de ejecución. Se beneficia la integración y colaboración en momentos tempranos de todos ellos. Tiene lugar debido a un cambio en el flujo de trabajo, de la información y la comunicación habitual. El desarrollo del proceso constructivo que permite BIM 4D y 5D, dan un resultado más eficaz y productivo en la etapa de ejecución. Se obtiene un alto grado de conocimiento desde el inicio por parte de los participantes y una gestión del tiempo y costes planificada a tiempo real. Por tanto, se reduce el grado de incertidumbre, y se obtiene un resultado con menores costes y duraciones.

La disposición de información real organizada en el modelo BIM, la automatización de procesos y la interoperabilidad y gestión con distintas plataformas de software, permiten elaborar la documentación necesaria para evitar la reinterpretación de la información, hacer tareas repetitivas que suponen pérdidas en tiempo y cometer errores de concepto.

Se pueden detectar incoherencias e interferencias entre distintos elementos constructivos en fases tempranas. El concepto colaborativo favorece la incorporación de información y detección de errores u omisiones. Todo ello nos permite obtener un proyecto con información altamente verídica.

En definitiva, cabe señalar que la implantación da como resultado prioritario un sistema basado no en el precio, sino en la agregación de valor para nuestros clientes. Por ello los esfuerzos se focalizan en obtener unos procesos más productivos, mediante información real y adecuadamente gestionada.

## 3. Referencias

- APOGEA. *Nube de puntos en modelado BIM*. < <http://www.apogeavirtualbuilding.com/nube-de-puntos-en-bim>> [Consulta: 2017.12.21]
- MANUEL, A., CORDERO, P. y CANDELARIO, A. (2016). *BIM. Diseño y Gestión de la Construcción*. Madrid: Anaya.
- BIMTECNIA. *Concurso BIM Valladolid 2017*. < <http://bimtecnia.com>> [Consulta: 2017.11.22]
- C95 CREATIVE, "Control de obra". *Youtube* < <https://youtu.be/2ul84vdmq4l>> [Consulta: 15 de enero de 2018]
- C95 CREATIVE, "Cyclone Register 360+BLK360". *Youtube* < <https://youtu.be/2ul84vdmq4l>> [Consulta: 25 de enero de 2018]
- FUENTES, B. (2014). *Impacto de BIM en el proceso constructivo español*. Valencia: Cuadernos EUBIM.
- GUBIMCAT. *Como gestionar la clasificación de un modelo BIM / Com gestionar la classificació d'un model BIM 4/5 (Revit)* < <http://gubimcat.blogspot.com.es/2017/05/como-gestionar-la-clasificacion-de-un.html>> [Consulta: 2017.12.04]
- LEICA GEOSYSTEMS, "Meet the Leica ConC". < <https://leica-geosystems.com/es-es>> [Consulta: 2018.01.14]
- VALDERRAMA, F. y MATTOS, A.D. (2014). *Planificación y control de obras. Sistemas de gestión y técnicas*. Barcelona: Fe d'erratas.
- VALDERRAMA, F. y SÁNCHEZ, E. (2013). *Algunas experiencias, tres claves y una propuesta para integrar el modelo BIM y el presupuesto*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València.
- VALDERRAMA, F. y SÁNCHEZ, E. (2014). *La integral triple: Bim, tiempo, coste*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València.
- ZARAGOZA, J.M. y MOREA, J.M. (2015). *Guía práctica para la implantación de entornos BIM en despachos de arquitectura e ingeniería*. Madrid: Editorial Reverté.

## El uso de BIM en una empresa constructora para la rehabilitación estructural del Palacio Duquesa de Sueca

Pérez-Romero, Juan<sup>a</sup>; Forcada-Balaguer, Gloria<sup>b</sup>, Vea-Folch, Francisco José<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Ingeniero de Caminos Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Valencia –BECSA, Departamento Proyectos e I+D+i , jperez@becsa.es, <sup>b</sup>Ingeniero de la Edificación por la Universidad Jaume I –BECSA, gforcada@becsa.es– BECSA, Departamento Proyectos e I+D+i y <sup>c</sup>Ingeniero de Caminos Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Cataluña –BECSA, Departamento Proyectos e I+D+i, fjvea@becsa.es

### Abstract

*BECSA construction company has used BIM methodology in structural consolidation works of “Palacio Duquesa de Sueca (Madrid)”. This has meant a successful experience of collaborative use. The building, historical-artistic protected construction, has an area of 7200m<sup>2</sup> divided into 5 floors with load-bearing walls and wooden floors structure.*

*The geometry model has been done from a point cloud, it has constituted the “as built”, for work’s management to future intervening agents.*

*In this sense, the model shows structural materials, (state, geometry and deformations) to made decisions for structural consolidation works. The planning of development BIM4D work and its integration into a collaborative platform has allowed the intervention of the archeology study in a virtual catalogue. Moreover it’s the first experiences with the BIM8D risk prevention services. The workflow processes and the results obtained have improved the BIM knowledge in the company.*

**Keywords:** BIM, BIM4D, BIM8D, construction, information model, prevention, processes, rehabilitation, structure

### Resumen

*La aplicación de la metodología BIM llevada a cabo por BECSA, en las obras de consolidación estructural de la Casa de la Duquesa de Sueca (Madrid), ha supuesto una experiencia de éxito de uso colaborativo. El edificio, protegido histórico-artístico, tiene una superficie de 7200m<sup>2</sup> dividida en 5 plantas con una estructura a base de muros de carga y forjados de madera.*

*A partir de un modelo geométrico ágil basado en una nube de puntos, procesada y modelada constituyo el “as built” actual, para una posterior gestión de los trabajos de cada uno de los agentes intervinientes.*

*En este sentido se ha caracterizado los materiales estructurales, (estado actual, geometría y deformaciones) para la toma de decisiones para los trabajos de consolidación estructural. El desarrollo de la planificación de la obra BIM4D y su integración en una plataforma colaborativa ha permitido la intervención del estudio de arqueología con una catalogación virtual del patrimonio, así como las primeras experiencias con los servicios de prevención BIM8D. Finalmente el modelo completado con todos los trabajos de consolidación realizados ha constituido el as-built del proyecto. La sistemática de los flujos de trabajo, dificultades encontradas y los resultados suponen una experiencia de uso BIM.*

**Palabras clave:** BIM, BIM4D, BIM8D, construcción, modelo de información, patrimonio, prevención, procesos, rehabilitación

## **Introducción**

La aplicación de la metodología BIM en proyectos de rehabilitación estructural, con la definición de un modelo de información obtenido a partir de un escaneado tridimensional, supone una definición más precisa del estado actual del edificio tanto en geometría, desplomes y deformaciones, como también un avance tecnológico para la toma de decisiones en cuanto caracterización de materiales, la evaluación estructural y deformacional, junto con la creación de un entorno colaborativo al incorporar calculistas, agentes de arqueología y de prevención. Por esta razón, la implementación de BIM en esta obra de rehabilitación, supone una experiencia para la valoración de la metodología en la gestión a pie de obra.

### **1. Alcance del Proyecto BIM**

Las experiencias de la metodología BIM en obras de rehabilitación estructural de edificios son escasas, de hecho la aplicación en esta obra por parte de la empresa BECSA supone una experiencia piloto, al disponer el BIM cómo una herramienta más en la gestión y la toma de decisiones a pie de obra.

La casa de la Duquesa de Sueca situada en la Plaza Duque de Alba nº2 de Madrid, es una edificación de tres plantas más cubierta, organizada en superficie en tres patios centrales a modo de un gran distribuidor, donde se accede a través de cinco núcleos de escaleras a las plantas superiores. El sistema constructivo es el habitual de la zona y época de la edificación. Su estructura portante es de madera, a base de pies de derechos de gran escuadría, vigería de carga y viguetas de forjado del mismo material. Los muros son de fábrica de ladrillo de espesores variables que en algunos tramos alcanzan secciones superiores a un metro en los apoyos exteriores. El esquema de apoyos se caracteriza por la construcción de cuerpos de edificación de dobles crujeas paralelas a las fachadas de los patios centrales y medianeros, con luces entre 4 y 5 metros. Aunque en algunas zonas permanece la estructura de madera, con el paso de los años la edificación ha sufrido una serie de intervenciones parciales que han alterado su homogeneidad constructiva original con la sustitución de los forjados por otros de viguetas metálicas o alteración de las líneas de carga. La cubierta es una estructura de cerchas de madera, con una cubrición de entablado de ripia y teja cerámica.

La intervención estructural se inicia con el saneo de toda la carga muerta de pavimentos, morteros, revocos, enlucidos existentes sobre los elementos estructurales, para posteriormente evaluar el estado estructural de viguetas de madera en el caso de forjados y las fábricas de ladrillo, aparejos toledanos y muros de tramas en los muros de carga. A partir de la evaluación estructural, elemento a elemento se decide o bien la sustitución del elemento o la intervención para dotar a la estructura las características resistentes de acuerdo con el programa de necesidades del edificio.

Además al tratarse de un edificio protegido al situarse en el Conjunto Histórico de la Villa de Madrid y en la Cerca y arrabal de Felipe II, se hacía necesario la intervención y vigilancia arqueológica, siendo el nexo de relación entre el equipo de obra y el equipo de arqueología el modelo de información.

En la planificación de los trabajos se hizo uso del modelo de información en las reuniones de seguimiento de obra, al facilitar la comprensión de la obra al focalizar las actividades en elementos estructurales concretos. Además con la incorporación de los equipos de prevención en la obra, se facilita la definición de los riesgos propios de una obra de rehabilitación, adoptando las medidas acordes con los procedimientos de trabajo como en recorridos de trabajo, zonas de acopio, zonas de no paso...

Con ello, el documento pretende recoger el trabajo realizado con la iniciativa de la implementación del BIM abarcando los siguientes puntos:

- Obtención del modelo geométrico ágil basado en una nube de puntos, procesada y modelada.
- La forma de caracterización de los materiales estructurales (estado actual, geometría y deformaciones).
- Planificación de la obra BIM4D.
- La incorporación y la colaboración con el estudio de arqueología en catalogación virtual.

- Las primeras experiencias con los servicios de prevención BIM8D
- Sistemática de los flujos de trabajo.
- Resultados y conclusiones.

## 2. El desarrollo del proyecto

La sucesiva incorporación de la metodología BIM en la gestión a pie de obra, y en concreto en una obra de rehabilitación estructural junto con la incorporación de los requerimientos de los diferentes agentes intervinientes es una oportunidad, que como empresa constructora, hemos desarrollado en el proyecto de Rehabilitación estructural del Palacio de la Duquesa de Sueca en Madrid. Para ello, como contratista se decidió generar un modelo a partir de una nube de puntos para posteriormente hacer uso del mismo para la caracterización resistente y de deformación de los materiales existentes en el edificio, en la planificación de los trabajos, y en el análisis de riesgos que suponen la intervención, así como la incorporación de los servicios de arqueología.

Para ello previamente se definió un Plan de Ejecución BIM en el que se establecieron las necesidades que tenía que tener que recoger el modelo 3D estructural y los usos posteriores tanto en la incorporación de información, planificación de la obra. De los principales puntos del BEP indicamos a modo resumen:

Tabla 1. Alcance del BEP

Alcance	Descripción
Objetivos y usos de la implementación BIM	Implementación de BIM en una obra de rehabilitación estructural  Obtención de un modelo estructural.  Colaboración con equipo de arqueología.  Conocimiento y divulgación de uso con equipos de prevención de obra.  Uso en reuniones de seguimiento de obra.
Actores y Roles	Dirección facultativa  Empresa constructora  Servicio de arqueología  Servicio de prevención
Intercambio de información	El modelo de información era compartido en una nube para la visualización. A pie de obra, el nivel de escaneado se decidía junto con el equipo de arqueología.
Entregables	Modelo de información obtenido a partir de nube de puntos.

## 3. Levantamiento planimétrico – modelado geométrico

El proceso de modelado geométrico se adaptó a los hitos de avance de la obra con el fin de que el modelo pudiera ser utilizado en las reuniones de seguimiento de obra para la toma de decisiones. De hecho, el modelo BIM generado se convirtió en una herramienta virtual cuyo valor, calidad y funcionalidad tenía sentido si era utilizado en la gestión a pie de obra.

Al respecto la coordinación y la detección de colisiones no era tanto de objetos, sino de poder establecer una coordinación de las tareas de demolición, intervención estructural, junto con las labores de arqueología sin olvidar la prevención.

El modelo BIM de nube de puntos se obtuvo a partir de un escaneado 3D, donde se podía identificar todos los componentes capturados y en consecuencia modelables. Una vez obtenida la nube de puntos, georreferenciada y con precisión, se pudo procesar con el objetivo de generar los diferentes componentes y sistemas constructivos que integran el modelo, con precisión en la definición de sus geometrías, dimensiones y despieces.

Los trabajos de escaneado y procesado de la nube de puntos fueron realizados por el Departamento de Topografía que BECSA tiene en la Delegación de Madrid siendo una experiencia que ha sido utilizada posteriormente en otras obras con éxito.

### **3.1. Captura de datos**

La captura de datos del edificio en rehabilitación se ha realizado mediante la documentación geométrica de alta Definición (HDS, High-Definition Survey). Este proceso consiste en un método de medición no-intrusivo que permite la captura de información rápida, detallada y precisa de una superficie o volumen por medio de una herramienta basada en la tecnología de escáner con láser, que es un instrumento de registro, también denominado como Láser Escáner Terrestre.

El láser escáner realiza un barrido de una superficie en todo su campo visual (field of view) captando miles de puntos por segundo con un haz de láser en abanico. Como resultado final se obtiene una nube de puntos 3D, compuesta por cientos de miles de mediciones individuales en un sistema de coordenadas(x,y,z), que en si mismas componen un modelo tridimensional de los objetos registrados

Para los trabajos en la Palacio de la Duquesa de Sueca se utilizó un láser escáner de la Casa Leica Geosystem, modelo P-40 con un rango de escaneo máximo de 270 m y un ratio de escaneo de 1 millón de puntos por segundo.

### **3.2. Proceso toma de datos. Metodología de trabajo**

El proceso de la toma de datos se iniciaba con una inspección del edificio, determinado con los agentes interesados junto con el alcance de la toma de datos según los elementos estructurales. Con ello se inicia el proceso de la toma de datos, con el estacionamiento sin orientar del instrumento y la grabación de los puntos visibles desde su posición mediante una vuelta completa 360° en horizontal y en cenital, consiguiendo un modelo con coordenadas 3D de las superficies al alcance del láser.

Este proceso tarda aproximadamente 1 minuto, al final del cual se registrará una nube de puntos independiente para cada estacionamiento o escaneo. En cada estacionamiento se procura que dos escaneos consecutivos, tengan puntos coincidentes, puesto que en nuestro caso no se utilizaron puntos de control comunes. El programa de edición busca pares de modelos con puntos comunes para orientarlos en los dos planos: (Plano x,y) y (Plano z). La concatenación de escaneados con puntos comunes crea un modelo digital en 3 dimensiones orientado y compensado. Los trabajos de la toma de datos para el posterior modelado 3D del Palacio de Sueca de emplearon 5 jornadas.

- 1er día: 40 escaneos
- 2º día: 61 escaneos
- 3er día: 108 escaneos
- 4º día: 38 escaneos
- 5º día: 46 escaneos

En la Fig 1 se puede observar el croquis de los escaneos realizados en la planta baja del edificio. Los colores representan los diferentes días de la toma de datos.



Fig. 1 Puntos de posicionamiento de escaneado

### 3.3. Edición de datos

Durante la toma de datos se realiza un croquis con la secuencia de los estacionamientos. Esta acción es de vital importancia en trabajos de grandes superficies, puesto que nos ayudará a identificar los pares de escaneos con puntos comunes, cuya unión de todos ellos creará el puzzle del modelo. Para la fusión, el programa utiliza herramientas de translación y rotación, estas funciones se realizan a partir de otras nubes de puntos que ya estén orientadas.

Para la edición del modelo tridimensional se empleó el software por módulos de procesamiento de nubes de puntos Leica Cyclone. El módulo utilizado para la georreferenciación de los datos escaneados a un sistema de coordenadas común, fue Leica Cyclone REGISTER, basado en el alineamiento automático de los escaneos con puntos comunes. El programa administra de forma eficiente las bases de datos generados en los proyectos.

El resultado final es una densa nube de puntos, como se puede ver en la Fig. 2, (en el caso del trabajo que nos ocupa, cerca de los 150 millones de puntos) que generan un modelo tridimensional de la realidad preciso en formato pts (formato estándar de intercambio de archivos de nubes de puntos).



Fig. 2 Nube de puntos del interior del Palacio de Sueca

### 3.4. Modelado del estado actual

La nube de puntos resultante ha servido para la modelización del estado actual del edificio, que se ha realizado con el software Autodesk Revit. Debido a la gran superficie del edificio se decide modelar por cuerpos como se muestra en la Fig 3. En primer lugar, se ha vinculado la nube de puntos con el formato .rcp ya que éste es compatible con el programa de modelado. A continuación, se han ajustado los niveles a cada planta del edificio basándose en las secciones realizadas en la nube. Dado el mal estado en que se encuentran algunos forjados, algunos con deformaciones importantes, se decide adoptar una altura aproximada para forjados de un mismo cuerpo y una misma planta. Aunque al tratarse de un edificio con varios siglos de antigüedad en una misma planta encontramos estancia a diferentes alturas.

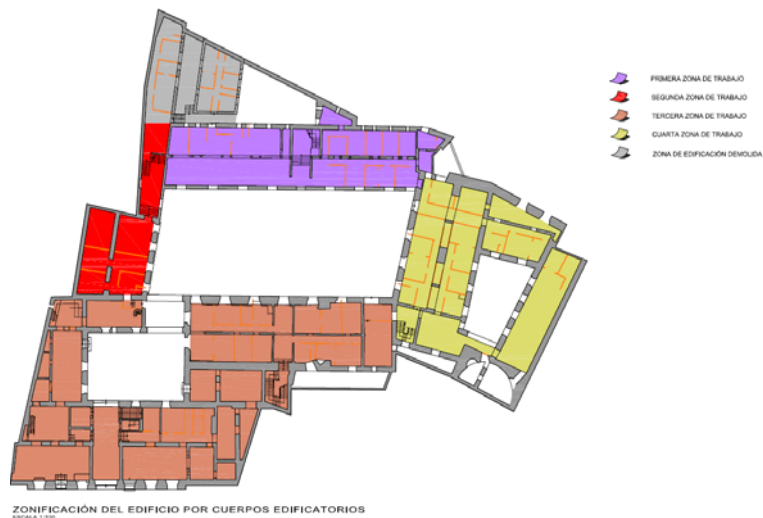


Fig. 3 Planta de forjado desarrollado en el estudio de patologías

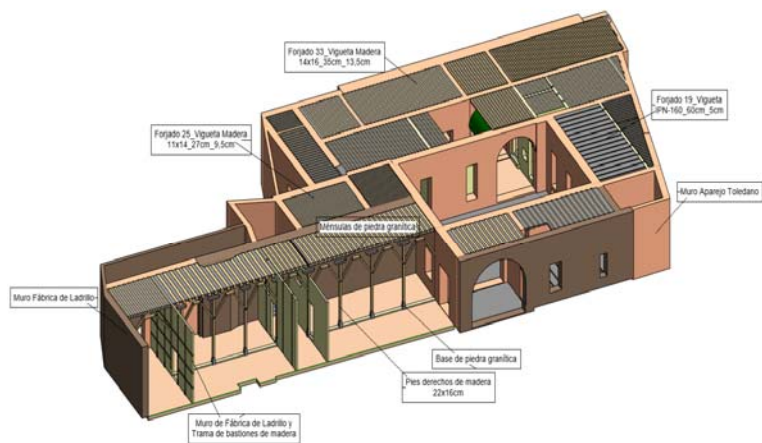


Fig. 4 Modelado geométrico desarrollado a partir de la nube de puntos

Los primeros elementos modelados han sido los forjados con sus respectivas viguetas. La precisión de la nube puntos ha permitido identificar la ubicación de la mayoría de las viguetas, así como dotarles de información tal como dimensiones, como también a partir del Estudio de Patologías determinar la capacidad resistente. A continuación, se han modelado los muros estructurales, diferenciando en muros de fábrica de ladrillo, muros de aparejo toledano, muros de fábricas y tramas con pórticos de madera y muros de fachada con sillería de granito. En el estudio se identifican estas tipologías estructurales verificándose su posición y caracterización geométrica con el uso de la nube de puntos. Una vez realizada la comprobación, se han

modelado los elementos incluyendo etiquetas de información según la casuística. Por último, se han identificado los huecos en las paredes y se han modelado las escaleras que salvan los distintos desniveles entre estancias. Este proceso se ha repetido en todas las plantas.

#### 4. Caracterización de materiales estructurales

Un uso que se le ha dado a la nube de puntos ha sido su utilización como base para la caracterización de los elementos estructurales, con el objetivo de saber el estado en el que se encuentran, de identificar sus características geométricas y de analizar su grado de deformación. En este sentido, para cada forjado y en concreto en cada una de las viguetas se le asocia la siguiente información a modo de parámetros.

Tabla 2. Información por elemento vigueta

Caracterización	Valor
Dimension de la sección de la vigueta	B(cm) x H(cm)
Luz de la vigueta	L(cm)
Entrevigado de vigueta	A(cm)
Caracterización de la vigueta según estudio de patología	Pinus sp./ syvestris/ nigra
Cata asociado	1 - 15
Deformación	mm
L/xxx	L/xxx (acceptable)
Estado	Sustitución/ refuerzo
Solución propuesta	Refuerzo con conectores barraqueros, diámetro y separación

Los valores de deformación por flexión de las viguetas y luz de cálculo se obtenían a partir de la nube de puntos (Fig. 5), mientras que la caracterización geométrica consistía en una confirmación de los datos del estudio de patología, adoptando en las correspondientes trabajos de seguimiento la decisión de intervención o sustitución. Un aspecto a señalar es la gestión de esta nformación ya que formará en una fase posterior del As-Built de la obra.



Fig. 5 Sección nube de puntos para medir la deformación de la estructura

En el caso de los muros, los trabajos consistían en una verificación de los datos aportados en el informe de patología. Al encontrarse los muros exentos de revestimientos, con la realización de la nube de puntos se permitía su caracterización geométrica (grosor/altura), pero también el desplome que afecta en la evaluación a pandeo del muro, la composición estructural (fábrica/ piedras/ mortero/ entramado de madera). Por ejemplo, hay un tipo de muro que tiene una trama de bastiones de madera, estos se distinguen perfectamente en la nube de puntos, quedando identificada su ubicación y sus propiedades al igual que las viguetas. (Fig. 2)

Además, toda la intervención, consistente en muchos casos de un recrecido del muro con un espesor de 50mm con un mortero proyectado por cara junto con los correspondientes pasadores a lo largo del muro, para transmisión del rasante al muro original, así como evitar problemas de inestabilidad del muro, quedaba reflejada en el modelo de información. Los datos que se incorporaban a los elementos muros se indican en la siguiente tabla.

Tabla 3. Información por elemento muro

Caracterización	Valor
Tipo de muro	Muros de fábrica de ladrillo/ muros de aparejos toledano/ muros de fábricas y tramas con pórticos de madera/ muro de fachada con sillería de granito.
Espesor	e(cm)
Altura	h(cm)
Desplome en cabeza	D1 (mm)
H/xxx	H/xxx (aceptable)
Defromación centro luz	D2 (mm)
H/xxx	H/xxx (aceptable)
Cata asociada	1-90
Estado	Sustitución/ Refuerzo
Solución propuesta	Recrecido/ conectores/ mallazo/ espesor de mortero

Estos trabajos conformaron el posterior As-Built del proyecto al realizar un inventariado de todos los elementos estructurales (forjados y muros de carga) con la información anteriormente indicada, depositada en un modelo de información que permitirá la toma de decisiones en próximas intervenciones de acuerdo con el programa de funcionalidades previsto para el edificio (Fig. 6). Este modelo es posible consultarlo mediante un visor, en el que se permite vincular toda la documentación desarrollada en el proyecto desde el informe de patología, la gestión en la obra, la toma de decisiones y la intervención final.

## 5. Planificación de la obra BIM 4D

La planificación de la obra en BIM4D trata de realizar una construcción virtual de la ejecución de los trabajos. En el caso de los trabajos de rehabilitación puede suponer una ventaja competitiva al actuar sobre un edificio ya existente donde los rendimientos del trabajo son menores que en una obra de planta nueva. Además, en el caso de una obra de este tipo la detección de colisiones y obstáculos juega un papel muy importante, ya que ciertas actividades quedan condicionadas por el espacio confinado en el que se trabaja, sin olvidar aspectos tales como la prevención como el hecho de que estas interviniendo en un edificio protegido supervisado por un equipo de arqueología.

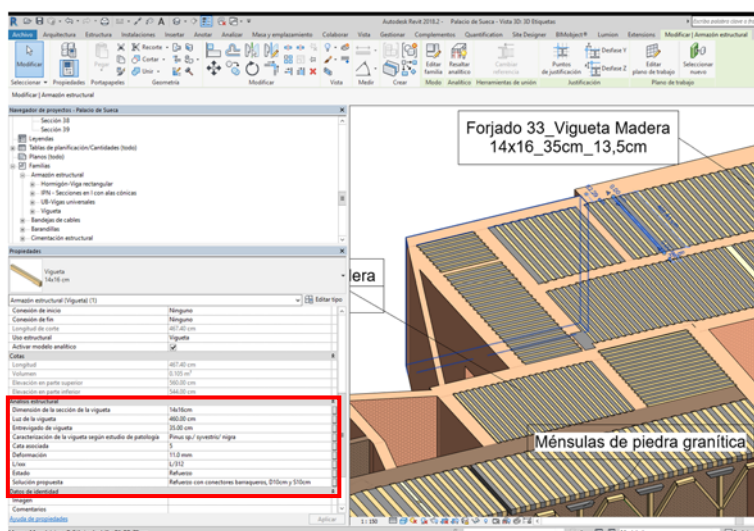


Fig. 6 Parametrización de las viguetas

En nuestro caso la planificación de la obra 4D se ha realizado con el uso de la plataforma Autodesk Navisworks. La herramienta TimeLiner permite la visualización de la programación de la obra a través del tiempo, de tal manera que para un día determinado se puede observar el porcentaje de trabajos realizados hasta la fecha, las áreas de trabajo en las que se están interviniendo y la coordinación de los trabajos. Además, una vez iniciada la obra se puede comparar la programación planeada con la real, de tal manera que hay un mejor control de la desviación de los plazos. Para ello, se evaluarán tanto los aspectos de área de trabajo, como también el movimiento y posicionamiento de maquinaria, operarios, acopios, etc. Para ello se crearon recorridos de trabajo para compatibilizar los trabajos y disminuir las incompatibilidades entre las actividades, sin olvidar que en una fase de preconstrucción se introducía una simulación válida para la determinación de riesgos laborales. Con las simulaciones realizadas de las fases de construcción, se permitió dar soporte a la planificación de la obra al trabajar en un entorno de espacio y tiempo.

## 6. Estudio de arqueología con catalogación virtual

A mediados de 2017 comenzaron los trabajos de excavación arqueológica en área en dos salas de la plana baja del bloque 3C de la Casa de la Duquesa de Sueca. Esta excavación en área vino motivada por el hallazgo, durante el control arqueológico de las obras de rehabilitación del edificio, bajo las estructuras del siglo XVIII, XIX y XX, de diversos elementos de interés arqueológico. Después de una primera comprobación estratigráfica de los yacimientos se concluyó que se podía tratar de un conjunto de estructuras de fases constructivas y períodos cronológicos anteriores al actual edificio.

Los restos documentados durante la excavación arqueológica muestran que estamos ante un interesante ejemplo del proceso histórico de la ciudad de Madrid, donde se puede ver la evolución urbanística que pasa de una necrópolis islámica (siglo XII-XIII) extramuros de la ciudad medieval, a una zona de arrabal de la villa donde se detecta un área de producción de vino y posibles huertos (siglos XV-XVI) para desembocar en una edificación religiosa con planta regular terminada con un ábside (siglo XVII-XVIII) que fue a su vez reaprovechada para la edificación de un palacio nobiliario (siglo XVIII-XIX). Los restos excavados tienen un alto interés y dan una idea de cómo ha evolucionado la ciudad de Madrid de una manera casi continua desde el siglo XII.

El levantamiento arqueológico de la zona se ha realizado con el escaneado de puntos 3D utilizando la misma metodología que en el resto del edificio. La nube de puntos ha permitido documentar con mayor precisión y calidad la catalogación virtual de los yacimientos, ya que el resultado es un archivo 3D en que se pueden diferenciar los distintos elementos constructivos (Fig. 7). Por otra parte, dada la importancia del hallazgo, y a partir de los trabajos realizados existe en estos momentos una propuesta de ideas para la futura construcción de una infraestructura destinada a la interpretación de las zonas excavadas con metodología arqueológica en el Palacio de Sueca de Madrid. A modo de ejemplo, los trabajos de la nube de

puntos pueden ser aprovechados para recursos didácticos, que complementan la información extraída de las excavaciones y de los diferentes estudios, permitiendo explicar ciertos elementos como la reconstrucción de determinadas estructuras. En este sentido la realidad virtual juega un papel fundamental en las tareas de divulgación.



*Fig. 7 Yacimientos arqueológicos descubiertos en el edificio*

## **7. Servicios de prevención BIM 8D**

La octava dimensión BIM consiste en la aplicación del uso de la metodología BIM en materia de seguridad y salud en las obras de construcción. La tasa de incidentes de la industria de la construcción por lesiones en el lugar de trabajo se ha mantenido consistentemente en casi el doble que en todas las demás industrias. Desde hace mucho tiempo, existe evidencia convincente de que se crean muchos riesgos de seguridad en la etapa de diseño inicial de los proyectos. Por lo tanto, se puede argumentar que uno de los medios más efectivos para lidiar con un peligro es eliminarlo en la fuente, es decir, prevención a través del diseño (SyS). Estos conceptos se encuentran ligados con el BIM al considerarse una construcción virtual donde se pueden detectar riesgos y sugerir medidas preventivas a los usuarios.

La metodología BIM ha intervenido en este proyecto de rehabilitación en las fases de planificación de la seguridad. A partir del modelo de información obtenido de la nube de puntos, con la caracterización del estado estructural actual, la definición de las medidas de intervención, se ha podido identificar los riesgos y en entorno colaborativo entre el personal de producción, subcontratistas y equipo de prevención se ha podido conjugar la planificación de los trabajos de ejecución con la definición de medidas de prevención. Las simulaciones realizadas en el BIM4D, con la definición de las áreas de trabajo, como también el movimiento y posicionamiento de maquinaria, operarios, acopios, etc. , la definición de recorridos de trabajo para compatibilizar los trabajos y disminuir las incompatibilidades entre las actividades, fueron claves para la prevención. Con esta implantación, se consiguió una mejor comprensión de la obra, reduciendo tiempo en reuniones y en la toma de decisiones. Además se consiguió un mayor conocimiento de la importancia de la prevención de riesgos en una obra de rehabilitación como la del proyecto. Con todo ello en materia de seguridad y salud se concluyó:

- Uso de modelos de información en reuniones de coordinación de seguridad y salud, en la que se mejoró la visualización de los riesgos asociados a la planificación de la obra.
- Aprobación y concienciación de las medidas de prevención adoptadas.
- Divulgación y concienciación de los riesgos y medidas adoptadas a todo el personal de la obra.
- Facilitó la transmisión de la información.

El modelo de información obtenido a partir de la nube de puntos aplicado al proyecto de la rehabilitación estructural del Palacio de la Duquesa de Sueca ha facilitado la prevención de accidentes en el lugar de

trabajo. El uso del modelo en las dimensiones 3D y 4D ha permitido identificar aquellos elementos estructurales y actividades con mayores riesgos, permitiendo una mejor planificación en labores tales como apuntalamientos, zonas de acopio, huecos existentes, hormigonado y recorridos de maquinaria y personal, facilitando la adopción de soluciones para la prevención consensuadas con una planificación BIM4D.

En este sentido, la experiencia desarrollada está formando parte de la divulgación del uso del BIM en el departamento de Prevención de BECSA.

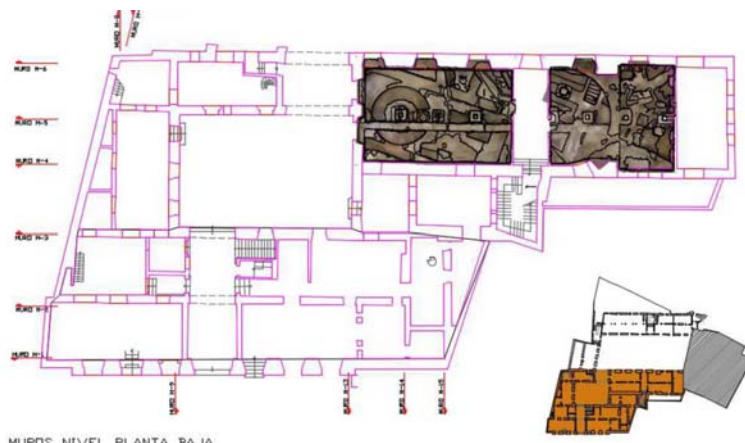


Fig. 8 Emplazamiento de los yacimientos encontrados

## 8. Conclusión

El uso de la metodología BIM en este proyecto ha servido para una gran variedad de aplicaciones desde la caracterización de elementos estructurales, estudios arqueológicos y prevención laboral en la obra. Además de ser de gran utilidad para la planificación de una obra de rehabilitación ya que con el BIM se tiene una aproximación más real del estado actual del edificio permitiendo un conocimiento más exhaustivo del proyecto contribuyendo a una mejor gestión de la obra.

## 9. Referencias

BENITEZ, A. (2015) "Nube de puntos en modelado BIM" en Apogea Virtual Building, 13 de junio. <<http://www.apogeavirtualbuilding.com/nube-de-puntos-en-bim/>> [Consulta: 10 de diciembre 2017]

COMISIÓN es.BIM. *Implantación de BIM en España..* <<http://www.esbim.es/>> [Consulta: 8 de enero de 2018]

BuildingSMART SPANISH CHAPTER. *Guía uBIM Estado Actual.* <<https://www.buildingsmart.es/bim/gu%C3%ADa-ubim/>> [Consulta: 8 febrero de 2018]



**Feel the BIM**

**Valencia 17, 18 y 19 de Mayo 2018**



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA