

ACE 40

Electronic offprint

Separata electrónica

REPRESENTACIÓN DEL DIBUJO FRENTE A SIMULACIÓN DE LOS SISTEMAS BIM. OPORTUNIDAD O AMENAZA PARA LA ARQUITECTURA

Giovanna Acampa, Isabel Crespo Cabillo, Giorgia Marino

Cómo citar este artículo: ACAMPA, G.; CRESPO CABILLO, I. y MARINO, G. *Representación del dibujo frente a simulación de los sistemas BIM. Oportunidad o amenaza para la arquitectura* [en línea] Fecha de consulta: dd-mm-aa. En: ACE: Architecture, City and Environment, 14 (40): 111-132, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5821/ace.14.40.6689> ISSN: 1886-4805.

ACE

Architecture, City, and Environment
Arquitectura, Ciudad y Entorno

C

ACE 40

Electronic offprint

Separata electrónica

REPRESENTATION BY DRAWING AGAINST SIMULATION BY BIM SYSTEMS. OPPORTUNITY OR THREAT FOR ARCHITECTURE

Key words: architectonic representation; virtual simulation; BIM System; quality assessment

Structured abstract

Objective

The aim of the paper is to establish the respective role of drawing and BIM model as representation or simulation in architecture. The breaking in and generalization (at all levels) of BIM systems in the professional world of architecture and construction, calls for a reflection based on experience and rigorous analysis, to establish the risks and opportunities that it entails.

Methodology

Based on their experience in critical analysis of technological innovations applied to architectural representation as well as in the use of digital tools on BIM platforms, the authors establish some concepts to approach their use in architecture.

Conclusions

A BIM model includes all information that may be assigned to each construction element and presents a simulation of the complete project. Therefore, it can become a tool that makes easier to control and evaluate the quality of the performance of an architectural project. It can be transferred to the different parties involved throughout the development and construction of the project and allows for modifications and continuous improvements. But in each phase, each party will need to filter, select and hierarchize the information to represent certain aspects of the architecture. In this phase, they might recover tools typical of traditional architectural representation.

Originality

This paper follows others by the same authors in which they analyze the effects of the break-in of the CAD systems applied to architectural drawing. We believe that we should reflect calmly and without prejudice on other new technologies that arouse suspicions in some and dazzle others.

ACE

Architecture, City, and Environment
Arquitectura, Ciudad y Entorno

C

REPRESENTACIÓN DEL DIBUJO FRENTE A SIMULACIÓN DE LOS SISTEMAS BIM. OPORTUNIDAD O AMENAZA PARA LA ARQUITECTURA

ACAMPA, Acampa ¹

CRESPO CABILLO, Isabel ²

MARINO, Giorgia ³

Remisión inicial: 04-12-2018
Remisión final: 11-02-2019

Aceptación inicial: 30-01-2019
Aceptación definitiva: 12-02-2019

Palabras clave: Representación arquitectónica; simulación virtual; sistemas BIM; evaluación de calidad

Resumen estructurado

Objetivo

Establecer el papel que juegan el dibujo y el modelo BIM como representación o simulación de la arquitectura respectivamente. La irrupción y la generalización de los sistemas BIM en el mundo profesional de la arquitectura y la construcción obligan a reflexionar, desde la experiencia y el análisis riguroso, para establecer los riesgos y oportunidades que esto supone.

Metodología

A partir de la experiencia de los autores en análisis crítico sobre innovaciones tecnológicas aplicadas a la representación arquitectónica y en el manejo de herramientas digitales en plataformas BIM, se establecen algunos conceptos con los que abordar su uso en la arquitectura.

Conclusiones

Un modelo BIM incluye toda la información que se puede asignar a cada elemento constructivo y constituye una simulación del proyecto completa. Por lo tanto, puede convertirse en un instrumento que facilita el control y la evaluación de la calidad de las prestaciones del proyecto arquitectónico. Puede transmitirse a los diferentes agentes que intervienen a lo largo de la elaboración y la construcción del proyecto y admite modificaciones y mejoras continuas. Pero en cada fase, cada agente necesitará filtrar, seleccionar y jerarquizar la información para representar ciertos aspectos de la arquitectura. Ésta abstracción recuperará herramientas propias de la representación arquitectónica.

Originalidad

Este trabajo sucede a otros previos de los autores en los que se analizaban las consecuencias de la irrupción de los sistemas de CAD aplicadas al dibujo arquitectónico. Creemos obligado hacer una reflexión serena y sin prejuicios sobre otras nuevas tecnologías que despiertan recelos en unos y deslumbran a otros.

¹ Dra. Arquitecta. Profesora titular. Facoltà di Ingegneria ed Architettura. Università degli Studi Kore di Enna. Italia. Correo electrónico: acampannagiovanna@gmail.com

² Dra. Arquitecta. Profesora Contratada Doctora. Departamento de Representación Arquitectónica. Universitat Politécnica de Catalunya (UPC). Correo electrónico: isabel.crespo@upc.edu

³ Arquitecta. Estudiante de doctorado. Correo electrónico: giorgia.marino93@gmail.com

1. Introducción

Cada nuevo avance tecnológico que tiene alguna relación con la arquitectura despierta recelos y temores entre los profesionales y los académicos del sector. En ocasiones se ha manifestado un rechazo directo al uso de nuevas herramientas, especialmente en los ámbitos educativos. Este recelo es comprensible porque el dibujo de arquitectura es un vehículo de comunicación cuyos parámetros lingüísticos, simbólicos y de signo tienen mucho que ver con las herramientas con que se produce. Por otro lado, la evolución del manejo de información y bases de datos ha experimentado un avance extraordinario con los programas y plataformas digitales. Los programas de BIM son, entre otras cosas, la confluencia entre la evolución de la representación y el manejo de multitud de datos asociados a cálculos de simulación.

Desde la universidad es obligado generar la reflexión lúcida y serena, basada en la experiencia y el conocimiento de la actividad profesional y fundamentada en el aprendizaje acumulado en años de estudio.

Este trabajo parte de la experiencia de profesores universitarios cuya investigación sobre el dibujo, la representación y la arquitectura tiene ya un largo recorrido. Las reflexiones y las posibles conclusiones se han configurado a partir del estudio, análisis y experimentación en casos concretos con estudiantes y arquitectos recién titulados de universidades europeas. Ellos han elaborado la parte más experimental sobre la cual se han fundamentado las conclusiones que son los conceptos con los que poder abordar, en el futuro, la incorporación de las herramientas BIM que ya son una realidad en la profesión.

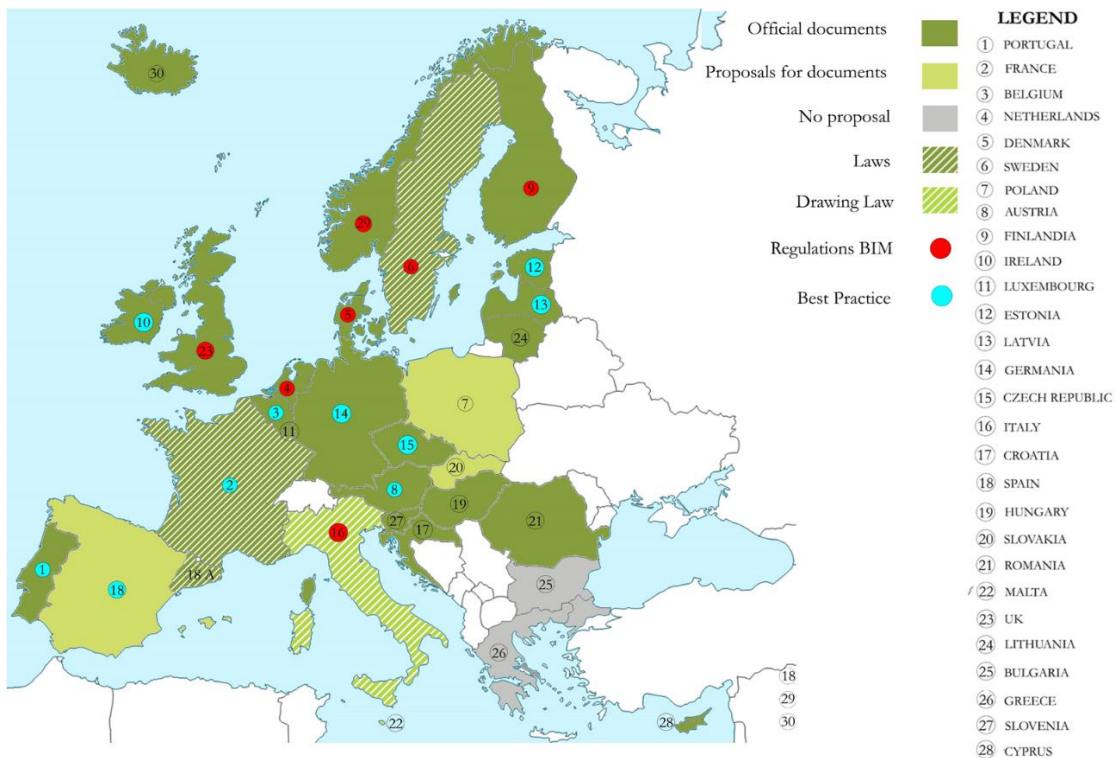
Europa ha apostado decididamente por la implantación del BIM con una directiva europea (*European Union Public Procurement Directive*) del 2014 que establece la conveniencia de incorporar el Building Information Modeling en los procedimientos de adquisición de obras públicas en los estados miembros. Con esto se pretende impulsar el uso de estos nuevos métodos destinados a aumentar la eficacia y la transparencia de esos procedimientos.

Los países pioneros en la implementación del BIM han sido Noruega, Finlandia y Suecia, aunque el plan de digitalización del Reino Unido se ha implementado con mayor eficacia y ha generado documentación y normativas que actualmente han resultado ser un referente claro.

En otros países, como Alemania, Francia o España han sido los gobiernos los que se han comprometido a coordinar una acción a nivel nacional que involucre a todo el sector. En Italia⁴, por su parte, se han aprobado legislaciones encaminadas a regular e impulsar la introducción progresiva de la obligatoriedad del uso de estos instrumentos, como son los de modelización de obras e infraestructuras hasta alcanzar la plena implementación en 2019. No es objeto de este trabajo hacer una relación detallada de la implementación en cada país, pero se ha elaborado el mapa de la Figura 1 para ver el alcance de la difusión de los sistemas BIM.

⁴ La reforma del Código de Adquisiciones que condujo al Decreto Legislativo 50/2016, regula la introducción de procedimientos digitalizados. El artículo 23, párrafo 13, del nuevo Código establece una comisión para identificar los métodos y los plazos para la introducción gradual de la naturaleza obligatoria de métodos y herramientas electrónicas específicas para el sector.

Figura 1. Difusión del BIM in Europa



Fuente: Elaboración propia

No cabe, a estas alturas de la modernidad, negar la entrada a los nuevos instrumentos de producción en cualquier área del conocimiento. Si algún papel debe tener el ámbito universitario es el de aportar reflexión y experiencia a la sociedad donde se desenvuelve. Por esto un reto como este, igual que ante otros retos aparecidos antes, debe ser abordado sin prejuicios, pero con prudencia.

Como ya sucediera en el caso de los sistemas de dibujo con ordenador, el temor de que la calidad de la arquitectura se resienta no carece de fundamento si se deja el uso de las innovaciones tecnológicas exclusivamente a los expertos en multimedia. Debemos afrontar ese manejo como arquitectos y reflexionar desde la arquitectura para saber ver oportunidades de avance acordes a los tiempos y al entorno social.

2. Metodología

Para hacer esto planteamos una reflexión sobre los conceptos de dibujo como representación y del modelo digital como simulación para definir los límites y encuentros entre uno y otro. Incluiremos una reflexión sobre el papel de estos dos elementos en los concursos de arquitectura.

Paralelamente, se plantea una sistematización de los elementos que constituyen los sistemas BIM soportada sobre la experiencia de trabajos concretos, para acabar después con un

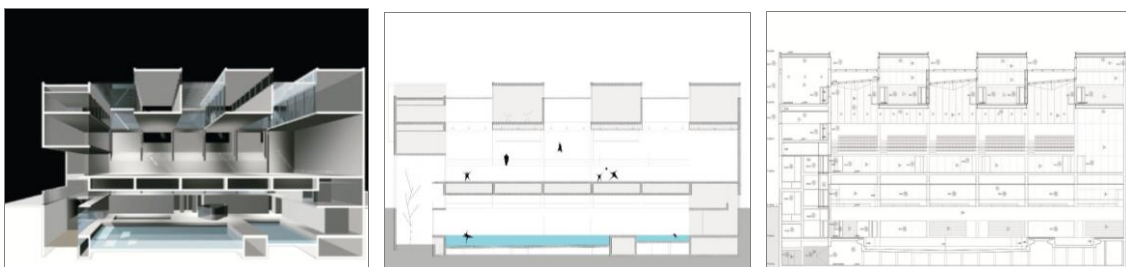
apartado para las reflexiones que se derivan y las conclusiones. La clave de este abordaje sería tener claro que el dibujo de arquitectura que se realice, sea cual sea el contexto, es un ejercicio de abstracción.

La metodología del análisis se fundamenta, pues, en experiencias de los autores que tienen dos vertientes metodológicamente muy diferentes. Por un lado, se expondrán los conceptos que rodean el dibujo de arquitectura en su contenido más ideológico, aquella que tiene lugar en la expresión de las ideas de arquitectura. Son las cualidades que el dibujo expresa en los paneles presentados a un concurso de arquitectura (Crespo, I. et al. 2012). Esto se apoya en los estudios hechos por los autores sobre qué cualidades definen el dibujo de arquitectura en su sentido de representación y de cómo su apariencia está en consonancia con el objeto representado, las ideas que quiere revelar y el interlocutor.

Dentro de la misma perspectiva, también se recoge la trayectoria de los autores en el análisis crítico de los dibujos de arquitectos realizados con ordenador en su actividad profesional (Font, J. et al. 2004, 2005, y 2016). Esta reflexión se produjo en un momento, análogo al actual, en el cual muchos arquitectos atribuían al ordenador la pérdida de cualidades de la arquitectura que se hacía. El trabajo de la colección de tres catálogos de sendas exposiciones RDT - “Les Raons del Dibuix Tècnic” permitió poner en valor las potencialidades del dibujo trazado con medios digitales para tener tanta cualidad como la que el arquitecto quisiera dar a sus dibujos independientemente de la herramienta.

A modo de ejemplo, en la Figura 2 se pueden comparar tres maneras de dibujar el mismo espacio cuyos objetivos comunicativos son muy diferentes, desde el dibujo fugado que quiere seducir a una comisión de un concurso, a la sección como soporte de la información de las características materiales para su construcción. Lo sustancial es el hecho de que cada tipo de mensaje, cada idea de arquitectura, que se quiere comunicar recurre a registros gráficos adecuados, dibujos para los cuales hay que haber establecido ciertos códigos. Pero también hay que haber hecho cierto filtraje de toda la información posible para explicar la información necesaria.

Figura 2. **Dibujos de la misma sección del polideportivo Delicias en Zaragoza, de los arquitectos Alday y Jover**



Fuente: Martínez, F. et al. RDT2- Les raons del dibuix tècnic: Els dibuixos de Iñaki Alday i Margarita Jover.

La otra vertiente donde se fundamentan las conclusiones será la que se deriva de la experiencia de varios trabajos académicos y proyectos profesionales (Acampa, G. et al. 2018), con planteamientos diversos, en la construcción de modelos BIM.

Los trabajos realizados son principalmente tres: el primero es la modelización completa de un complejo hospitalario de la provincia de Palermo integrando arquitectura, estructura e instalaciones⁵.

La Figura 3 reúne tres posibles representaciones parciales del modelo: de izquierda a derecha, los elementos estructurales, la descripción arquitectónica y la implementación de todas las instalaciones de servicio.

Figura 3. Tres modelizaciones del complejo hospitalario de la provincia de Palermo



LOG B Modellazione strutturale

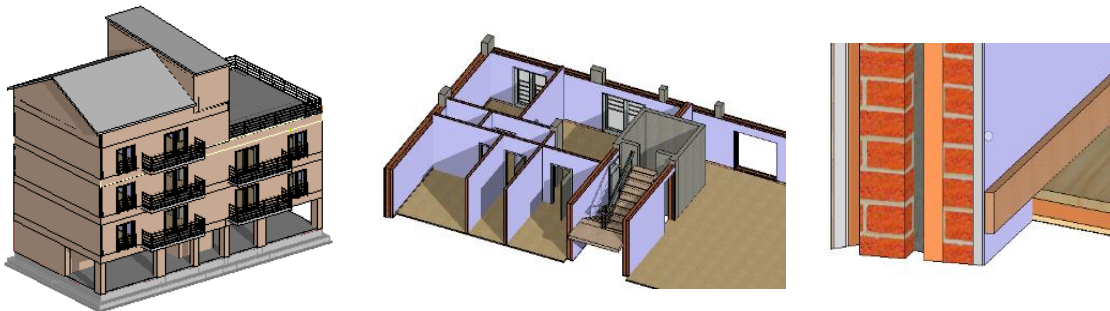
LOG B Modellazione architettonica

LOG F Modellazione impiantistica

Fuente: Kore BIM Research Group

Un segundo trabajo fue desarrollado como trabajo académico en un curso de especialización, donde el enfoque era muy dirigido a la formación específica en competencias de los alumnos y se trabajó el paso de la información a la salida gráfica a las diferentes escalas de detalle (Figura 4).

Figura 4. Edificio de viviendas. Ejercicio de curso



Fuente: Dibujos elaborados en el curso optativo del grado de ingeniería y arquitectura: Project Management, BIM de lo construido.

⁵ Este trabajo fue la base de ensayos para un proyecto europeo H2020/Marie Skłodowska-Curie Actions STEER (suport Tool for Energy Efficiency in medical centers) realizado por un grupo de investigación universitario de una universidad italiana.

Figura 5. Base de datos de las entidades constructivas con los correspondientes costes

Componente	Descrizione	Principale	Unità di m	Densità	Lambda	Deduzione	Precisione	Prezzo unitario
battiscopa in legno	12.4.3	battiscopa in legno	m	0.000000	0.000000	0.000000	0.123	6.790000
finitura interna	9.1.11	finitura interna	m2	0.000000	0.000000	0.000000	0.123	12.320000
intonaco interno	9.1.2	intonaco interno	m2	0.000000	0.000000	0.000000	0.123	19.890000
mattoni forati (qualsiasi dim.)	2.1.5	mattoni forati (qualsiasi ...	m3	0.000000	0.000000	0.000000	0.123	251.630000
pittura interna	11.1.2	pittura interna	m2	0.000000	0.000000	0.000000	0.123	5.570000

Fuente: Dibujos elaborados en el curso optativo del grado de ingeniería y arquitectura: Project Management, BIM de lo construido.

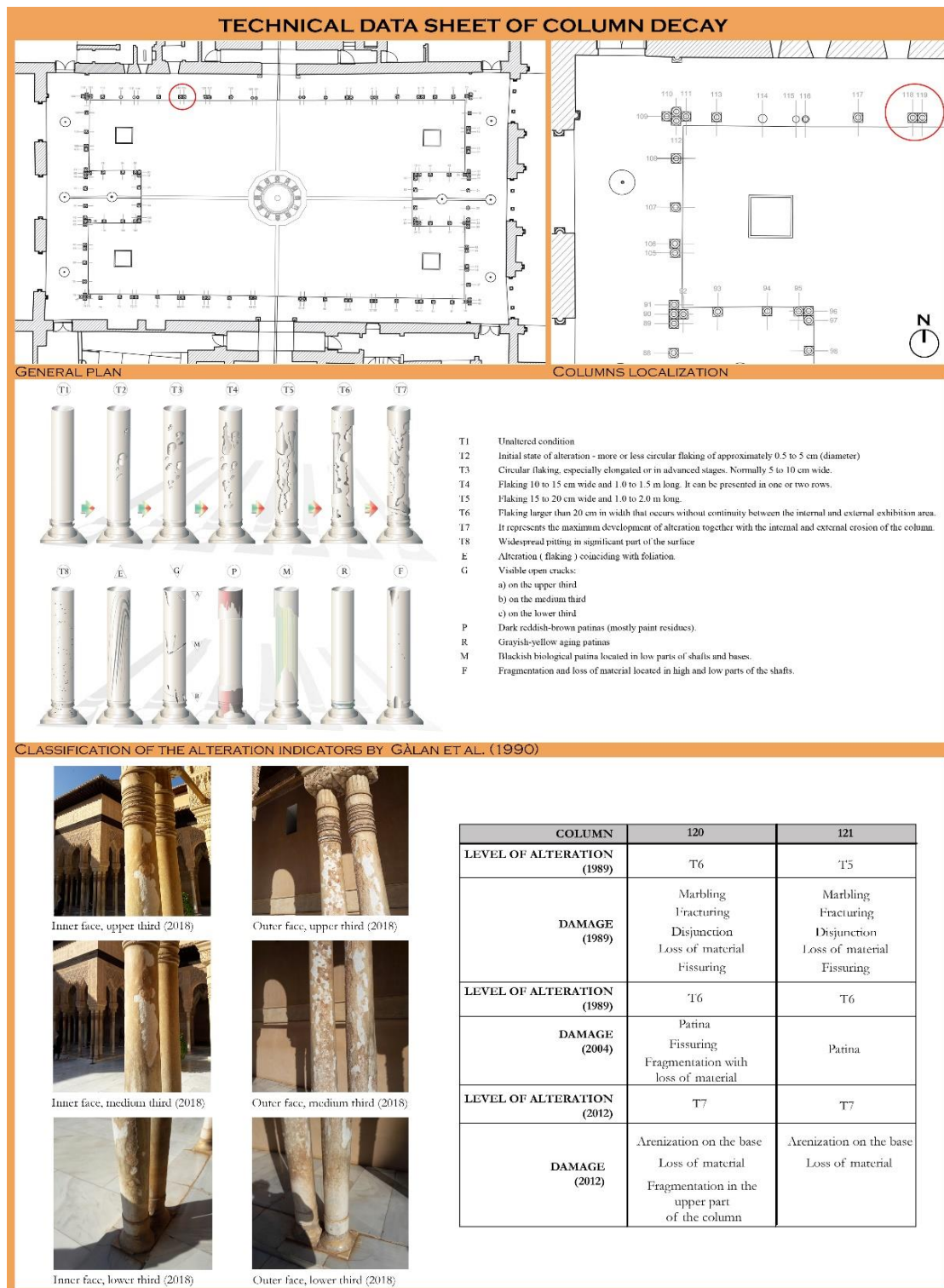
El tercer trabajo experimental fue la construcción del modelo BIM de la columnata del Patio de los Leones de la Alhambra de Granada. Este trabajo formaba parte del Proyecto de investigación europeo citado anteriormente: H2020- Marie Skłodowska-Curie Actions-RISE-2017, WARMEST (developing tools for the monitoring and maintenance of heritage sites in a climate change and global warming scenario). Con este caso se trabajaron sobre todo el manejo de la información pormenorizada de cada elemento puesto que se añadió el estado de degradación de cada una de las columnas y se compartió la información con otros grupos de investigación relacionados en red.

Figura 6. Vista perspectiva de la modelización arquitectónica en plataforma BIM de la columnata del Patio de los Leones de la Alhambra de Granada



Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Ficha técnica con la información detallada del deterioro da cada columna extraída de la modelización informativa elaborada con BIM



Fuente: Elaboración propia

3. Análisis

3.1 Dibujo versus modelo

El dibujo ha tenido un papel de representación para la comunicación del proyecto, entre el arquitecto y otros agentes, o del arquitecto consigo mismo, en el proceso de ideación creativa. Por su parte, los modelos 3D, ya sean materiales o digitales, han ampliado los recursos para esa ideación. Los medios digitales permiten la simulación de la realidad de manera virtual donde comprobar las decisiones de proyecto sin necesidad de modelos físicos a escala. Además, los avances informáticos han ampliado la capacidad de cálculo hasta el punto de que la simulación virtual ha llegado a re-crear la realidad, existente, proyectada o reconstruida, de la arquitectura. La confrontación entre *dibujo* o representación de una realidad y *simulación* de esa realidad debe establecerse, analizarse y resolver el dilema de qué papel tiene cada uno para convertir lo que pueda parecer una amenaza en un avance positivo.

El grado de abstracción de los dibujos preliminares, ausentes de definición material, inconcretos, ya contienen los rasgos cualitativos de la arquitectura que van a generar. La calidad del proyecto tiene que ver sobre todo con una modalidad subjetiva de percibir el objeto dibujado. Aun siendo trazado con precisión, del dibujo a la realidad proyectada hay un gran margen para soluciones o concreciones diferentes.

Los primeros dibujos, los que fijan las primeras ideas, pueden ser la síntesis de muchas soluciones concretas posibles. En el desarrollo del proceso de elaboración del proyecto, en un sistema tradicional, los dibujos van cambiando, sirven para entrar a analizar la configuración de las partes, los detalles y se van acercando a la materialidad de la edificación. La Figura 8 compara dibujos de dos estadios de ideación del proyecto diferentes.

Figura 8. Croquis de ideas y sección presentada a concurso



Nota: Centro de día para discapacitados Psíquicos en Barcelona. Alday-Jover, 2003.

Fuente: Martínez, F. et al. RDT2- Les raons del dibuix tècnic: Els dibuixos de Iñaki Alday i Margarita Jover.

En esta progresión hacia la definición de todas las componentes del proyecto del edificio, los sistemas BIM, bien utilizados, aportan agilidad si se organiza la información de manera que cada decisión, en cualquier grado de detalle, se pueda incorporar y evaluar paralelamente a la toma de decisiones.

El peso de los aspectos tecnológicos respecto de los valores conceptuales va cambiando en el proceso de elaboración de una propuesta de arquitectura. Hay un claro desequilibrio entre las fases preliminares del proceso proyectual y las fases de ejecución. Las primeras están abiertas a todas las soluciones materiales y las segundas, comprometidas con los materiales y sus soluciones técnicas dejan poco margen a las variantes. También es cierto que, por las condiciones del sistema productivo de la arquitectura, o por imperativos económicos, las fases ejecutivas de la obra de arquitectura se han delegado, en muchos casos, a empresas de construcción, ajenas al proceso creativo. Esto ha postergado a las fases finales el refinamiento en las soluciones tecnológicas del detalle constructivo. Este trasvase ha conllevado una merma en la cualidad arquitectónica, especialmente cuando ha habido un cambio de autoría y otros equipos de profesionales han desarrollado los proyectos ejecutivos. Cuando esto sucede es difícil mantener hasta el final las ideas generadoras de la arquitectura presentes desde los primeros croquis.

3.2 *Resistencia a los cambios y a las innovaciones tecnológicas. Paralelismo con la irrupción del CAD*

Los sistemas de información digitales han transformado la actividad de los arquitectos desde hace tiempo. La irrupción de los sistemas de dibujo asistido por ordenador (CAD por sus siglas en inglés) en el campo de la arquitectura tuvo muchas reticencias, hubo grandes detractores de la informática impulsados por un miedo fundamentado a veces en el desconocimiento. Los programas de ayuda a los cálculos de estructuras o a la física ambiental entraron mejor en los estudios de arquitectura porque no invadían el tablero de dibujo donde se vertía la creatividad. El proceso de adopción de los CAD por parte de los arquitectos tardó años en culminarse, hasta que los jóvenes profesionales maduraron en la profesión de arquitecto y los arquitectos experimentados aprendieron a manejar los instrumentos de CAD. Un importante análisis reflexivo hecho después de años de experimentaciones en las oficinas profesionales y en la investigación desde las escuelas llevaron a una madurez en el uso de los recursos informáticos para la representación de la arquitectura. Hoy en día ya no se pone en cuestión que la informática y las mejoras en los sistemas de impresión, no sólo no entorpecen el proceso creativo de la arquitectura, sino que potencian las posibilidades de expresar todos los matices y aspectos más sensibles, en la comunicación de las ideas que la sostienen.

En este sentido es oportuna una relectura de los tres números de la colección RDT, Las razones del Dibujo Técnico publicado por la ETSAV sobre el dibujo profesional de arquitectos hecho con ordenador. (Martínez, P. et al 2004⁶) Esa reflexión tuvo lugar en un momento en que se cuestionaba la bondad de los sistemas de CAD para idear arquitectura. Y lo cierto es que la arquitectura ha tenido que cambiar en su formalización por causa, entre otras cosas, del modo en que se ha generado.

⁶ CRESPO, I. FONT, J. MARTINEZ, F., Los dibujos de Josep Llinás, Sant Cugat del Vallés, ETSAV, 2004, colección RDT (Las Razones del Dibujo Técnico), ETSAV-UPC, 2004

Pero, en cualquier caso, incluso una vez asumido el uso de sistemas de CAD, la generación de dibujos se había mantenido. El pensamiento todavía hoy pasa por la traducción de las ideas arquitectónicas a dibujos planos, de dos dimensiones: aún se piensa en y con el dibujo. Este lenguaje permite mantener un cierto margen a la imaginación puesto que el dibujo se aleja, más o menos, de la literalidad de la cosa representada, según el grado de abstracción gráfica. El dibujo no es el objeto, dice de él lo que queremos que sea entendido, nunca todo. Es ese ejercicio de síntesis entre el objeto representado y su representación el medio mental de la arquitectura ideada.

Por su parte la maqueta a escala, de yeso, de madera o de cartón-pluma, ha aportado al proceso de diseño una mayor aproximación a la realidad, aparentemente más fiel. Lo cierto es que lo que hace es traducirnos el exceso de abstracción que tiene la representación 2D a un lenguaje más asequible, pero no explica lo mismo y a veces es poco flexible a los cambios.

En cada época, esa síntesis del dibujo ha estado sujeta a las condiciones del medio, del instrumental. La escasez de los recursos materiales o la dificultad de su manejo, o ambas cosas a la vez han determinado a lo largo de la historia, la gramática que soporta el lenguaje de la arquitectura. Disponer de regla y compás conlleva un tipo concreto de trazados y de geometría constructiva; no se habría especulado y aplicado tanto la teoría de la proporción si no se hubiera utilizado el compás; tener un sistema de CAD permite un trazado muy preciso y rápido, o disponer de un software de diseño paramétrico permite establecer relaciones métricas dependientes e introducir cambios prácticamente constantes.

3.3 Los concursos de arquitectura ante el BIM

Desde hace años, prácticamente todos los proyectos de cierta envergadura pasan por un proceso de concurso. Por motivos económicos, sociales o políticos, las propuestas de arquitectura se someten a esa criba. En los últimos años se está trabajando desde las administraciones en Europa, para hacer posible el intercambio de información en formatos propios de sistemas BIM. Desde Europa con las regulaciones ISO y desde los distintos gobiernos regionales con diferentes grados de regulación. En un futuro y como consecuencia de la generalización del uso de los sistemas BIM, la arquitectura resultante tendrá variaciones en su formulación. Este fenómeno incidirá sin duda en la arquitectura que resulta.

En 2012, en el XIV Congreso Internacional EGA, convocado en Oporto, las ponencias se centraron en el dibujo de los concursos de arquitectura. En esa ocasión se pudo reflexionar sobre la deriva que tienen los dibujos que se presentan a un concurso, cuyo objetivo es convencer a una comisión; vender una idea seductora de propuesta edilicia que merezca ser construida. Aunque muchas de las ponencias centraron su atención en concursos realizados a lo largo de la historia, hubo comunicaciones que analizaron la situación en la actualidad.

Una de las conclusiones fue la aproximación a qué es y qué no es un dibujo presentado a un concurso de arquitectura. Es el dibujo de un proyecto, que puede tener variantes, *no es una idea vaga sino la idea abierta*, representada por una opción concreta⁷. Lo que se acabe

⁷ MARTINEZ, P.: Composición y discurso gráfico en los concursos. XIV Congreso Internacional Expresión Gráfica Arquitectónica. Concursos de Arquitectura, Oporto 2012.

construyendo puede ser algo diferente, pero en esencia lo mismo. Esta esencia es lo que los dibujos deben saber explicar de la propuesta del arquitecto y es la idea con lo que se pretende convencer y persuadir a los que tienen el cometido de fallar⁸. Los dibujos deben explicar sintéticamente lo que representan, por imperativo físico y temporal. Deben dejar de decir algunas cosas para decir lo que importa. La síntesis de la idea es mucho más amplia que la idea e incluye sus variantes posibles. El juez que lo evalúa debe ver en la propuesta dibujada, y por tanto concreta, todas las variantes implícitas, aunque a menudo los miembros de las comisiones evaluadoras no tienen esa habilidad.

Un modelo tridimensional de un proyecto de arquitectura, una maqueta, también ha sido filtrado por la abstracción necesaria, impuesta por el cambio de escala y el material. Incluso un modelo digital tridimensional tiene indefiniciones. Ahora irrumpe una nueva posibilidad: añadir al modelo tridimensional toda la información material, temporal y energética de cada elemento constructivo. La velocidad de cálculo de los ordenadores permite incluir esa cantidad de datos en un mismo archivo. Se puede generar un único modelo completo del que se pueden extraer diferentes modelos, con la información filtrada para trabajar un aspecto del edificio como las instalaciones, las estructuras o las valoraciones ambientales, etc. La clave del éxito en la eficacia del proceso será que todos los agentes participantes sepan filtrar y organizar, y si es necesario reducir, la información que constituye todo el modelo.

Ya se ha comentado antes, el desequilibrio que existe desde los primeros esbozos hasta la concreción del proyecto constructivo. Al principio la información es muy escasa y después se completa. Hasta que un proyecto está en condiciones de incluir toda la información adjunta que aporta la base de datos, pasa por un proceso creativo muy intenso y lleno de vaivenes. Es en las fases más avanzadas donde aparecen los datos que caracterizan y definen cada uno de los elementos dibujados. Sin embargo, a los concursos se presentan las ideas sobre las que se sustenta la propuesta, no necesariamente su definición detallada y mucho menos cerrada. En este punto está la clave de las prevenciones ante la inclusión de los sistemas BIM en los concursos de arquitectura.

Debemos dilucidar cómo el instrumento puede aportar mejoras a la arquitectura y no someter la arquitectura al servicio del instrumento. Se debería determinar en qué condiciones puede ser necesario o útil el formato BIM en los concursos de arquitectura. Éste es un ejercicio pendiente que debe ser resuelto por profesionales de la arquitectura y expertos en el uso de las herramientas BIM en todas las fases.

⁸ Lo que se deduce de la conversación con Llinás (y con Vázquez Consuegra), y de hecho, aquello de lo que adolece a menudo el jurado, es que no se sepan ver en las presentaciones al concurso, que aquello que se tiene delante es una propuesta abierta, que no quiere decir vaga, sino con muchas posibles concreciones además de la que se exhibe, cualquier proyecto de arquitectura hace concreta una idea general, desde los primeros trazos hasta la ejecución, las variantes están implícitas. Un buen arquitecto, maduro, experto y capaz para la crítica, debe saber ver que no es la distribución concreta lo que se somete a comparación entre las propuestas del concurso, sino la idea generadora de su organización, la pauta básica, el "caso general". Ponencia *Composición y discurso gráfico en los concursos*. Presentada en el XIV Congreso Internacional Expresión Gráfica Arquitectónica. Concursos de Arquitectura, Oporto 2012.

3.4 *La simulación para el control y la gestión racional de las informaciones, el Building Information Modeling (BIM)*

La arquitectura, fundamentalmente, es un arte visual por lo que, durante el proceso de proyecto, la visualización es el medio predominante para la comprensión y verificación previa útil al intercambio de ideas y a la elaboración exitosa. Para proyectar un edificio, los arquitectos se han servido de la representación gráfica y de modelos que les permiten prefigurar la construcción y prever el encaje en el territorio. La modelización a través de la realización de maquetas ha sido un modo de probar alternativas proyectuales especialmente en la fase inicial. En la actualidad, el ordenador permite construir con mucha facilidad y precisión modelos tridimensionales y observarlos desde cualquier punto de vista, como si se tuvieran delante. La alteración radical que ha tenido lugar en la concepción arquitectónica se ha dado al nivel más esencial del espacio, un “espacio simulado”, el medio intangible más familiar al arquitecto, en el que crear, conocer, manipular y pulir en tiempo real el organismo arquitectónico por medio de una metodología proyectual digital⁹. Ya no se trata de un instrumento de soporte al proyecto, sino de poder trasladar el proceso metodológico al formato digital, operando proyectualmente sobre un modelo visual, continuamente accesible en el tiempo y en el espacio, con el fin de realizar sistemas dinámicos y restituciones de datos que sean fácilmente analizables incluso por parte de operadores no expertos. El modelo digital, se convierte en un elemento cada vez más importante con respecto a la etapa de ideación y el significado que le podemos dar difiere mucho del que se le daba en el pasado.

El modelo no se entiende ya como construcción de un prototipo material, cuya esencia consiste fundamentalmente en ser un ejemplo de lo que se realizará, sino como medio para la elaboración de una serie de sistemas a través de los cuales definir el objeto, y con el cual podemos verificar si responde a los requerimientos, o las cualidades de las prestaciones del edificio son las adecuadas, antes de construir la obra. Una especie de control de calidad previo a la construcción y con margen para la mejora.

El proceso de diseño ha asumido, pues, una base de comunicación fundamentalmente centrada en la visualización, que ya no se presenta como una colección de imágenes estáticas sino como un recorrido continuo, que permite explorar desde el exterior al interior de cada componente y del proyecto completo. La evolución tecnológica hace posible el paso de visualizaciones planas de trazado con CAD, del organismo edificatorio, a representaciones volumétricas virtuales que ven el edificio como un único archivo de proyecto integral, definido con el acrónimo BIM¹⁰ (Building Information Modeling).

Las plataformas BIM actualmente disponibles para los profesionales del sector de la arquitectura, la ingeniería y la construcción (AEC por las siglas en inglés) son diversas, porque

⁹ Por proyectación digital se entiende un proceso proyectual que, desde la ideación a la realización, es enteramente gestionado por medios digitales.

¹⁰ Il National Institute of Building Science nel documento National Building Information Modeling Standard riporta questa definizione: “BIM is an emerging process supported by a broader toolset and data standards for the creation and use of project and building lifecycle information. The changes in the tools support new processes allowing professionals to integrate intelligent and standardized data, graphics, databases, web services, and decision support methodologies changing the human-computer interaction and richness of data supported in the process” fonte: http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMSv1_p1.pdf

en los últimos años se está asistiendo a un continuo desarrollo y una implementación de diferentes softwares¹¹.

Para que un instrumento pueda ser considerado definido como BIM debe:

- Introducir todos los datos del proyecto en un solo modelo 3D inteligente, no en archivos bidimensionales separados.
- Poder contener, además de los datos tridimensionales, toda la información integrada dentro del mismo modelo, que se pueda considerar útil para el análisis del proyecto.
- Tener la posibilidad de organizar y gestionar el modelo utilizando métodos paramétricos.
- Tener la capacidad de base de datos interactiva que permite cambios automáticos y sin errores en todos los dibujos y archivos del proyecto.

El proceso para hacer prototipos digitales en arquitectura requiere que las informaciones conectadas al desarrollo proyectual sean de tipo representativo, el modo en que se representa un edificio, el sistema constructivo y el modo en que funciona, pueden ser “relatado” en el interior de este modelo integrado. Ese modelo integrado, único por definición, y utilizable iterativamente por todos los agentes que intervienen en cualquier fase del proceso, reduce al mínimo la pérdida de información de la base de datos (dataset¹² o ábacos o librerías). Datos como las características del lugar, la calidad de los materiales utilizables con sus propiedades y la comparación con alternativas técnicas para la nueva construcción; las potenciales recualificaciones, la valoración de los costes, el rendimiento energético, la cualidad de la iluminación, son aspectos de la información sobre servicios y utilidades. Todos ellos constituyen instrumentos aptos para la investigación y valoración para el desarrollo proyectual, disponibles y controlables por medio de las aplicaciones BIM para estudiar soluciones alternativas, para simular comportamientos y optimizar los sistemas.

La capacidad de simular, propia de las maquetas físicas, se multiplica en los modelos digitales, gracias a la agilidad en introducir modificaciones. La simulación, de hecho, se define por la capacidad de manipular un modelo en su definición de espacio y tiempo, con el fin de permitir la rápida percepción de las interacciones no inmediatamente evidentes. Los modelos simulados pueden ser dotados de todas las propiedades del real y proporcionar múltiples posibles vistas del modelo final. El objetivo fundamental de tales modelos no es tanto ofrecer simulaciones fotorrealistas de los edificios, una prefiguración formal, una simulación estructural o funcional, sino más bien poder funcionar como verdaderos prototipos virtuales dotados de correspondencia con el real en todos los aspectos, en el comportamiento, en las prestaciones, en la geometría o en los aspectos perceptivos. Una vez construido el edificio real, el BIM mantiene su utilidad, y continúa funcionando durante la vida útil del edificio como fuente de datos que permiten tomar decisiones sobre él.

¹¹ El trabajo en BIM se puede abordar desde la creación o el diseño o desde la evaluación de las características del proyecto. Esto ya ha llevado a distinguir el software adecuados para trabajar desde la autoría del diseño (authoring software) y otros cuyo objetivo es la validación y las simulaciones ver https://bimforum.org/wp-content/uploads/2011/02/BIM_Tools_Matrix.pdf.

¹² Un dataset constituye un conjunto de datos estructurados de modo relacional, es decir que corresponde al contenido de una sola tabla de datos, o una única matriz de datos estadísticos, en la que cada columna de la tabla representa una variable particular, y cada línea corresponde a un determinado miembro de la base de datos en cuestión.

3.5 *Del proceso edificatorio tradicional a la aproximación BIM*

Desde una perspectiva de proceso tradicional, el proyecto puede entenderse como la primera “secuencia” de generación de informaciones. La segunda secuencia es la fase de construcción mientras que la tercera es la fase de gestión del edificio construido. La concatenación entre las tres secuencias prevé que todas ellas deben recoger un set específico de información de la secuencia precedente, antes de proceder a su propio desarrollo. Según esta configuración del proceso, el dibujo ha constituido el medio de comunicación más importante en el diálogo entre los diversos actores que interactúan en un proceso proyectual. Dadas sus limitaciones intrínsecas, la plataforma bidimensional del dibujo no puede transmitir de una manera eficaz todas las informaciones vertidas en una de las fases del proceso, con lo que se produce una pérdida sustancial de información en las fases posteriores.

Cada uno de los agentes del proceso opera con una autonomía casi completa e independiente del resto, sin que haya necesariamente coordinación, más allá de la que establezca la relación con el cliente o promotor de la obra. Cada operador individual de la intervención tiene la responsabilidad de coordinarse con el resto y la forma más básica consiste en operar de acuerdo a una lógica secuencial o en cascada. Esto conlleva el riesgo de que, ante la aparición de un *error* (como sería una respuesta inadecuada ante algún requerimiento) detectado en fases avanzadas y generado en fases precedentes, se deba detener el proceso para corregirlo, con lo que se ralentiza todo el proceso. Esto también conduce a una fragmentación de responsabilidades, ya que los operadores del área del cliente, el diseño y la producción son sólo responsables de la actividad de su competencia. Por lo tanto, en la organización tradicional se establece una organización temporal, fragmentada en varios organismos (diseñador, constructor, industriales, logística, seguridad, mantenimiento, etc.) que son independientes entre sí, pero que toman decisiones interdependientes. Además, en un proceso tradicional, la mayor pérdida de información generalmente proviene de la transición del diseño a la construcción.

El uso del BIM puede alterar profundamente esto. Las técnicas de modelado y simulación proporcionan la visualización del edificio dentro de la plataforma digital antes de su construcción física real, y permite el análisis de lo que será su funcionamiento futuro y el grado de cumplimiento de sus prestaciones. El propósito del sistema BIM es doble: por un lado, eliminar la pérdida de información entre cada fase sucesiva, optimizar procesos y, en última instancia, automatizar toda la industria de la construcción; y por el otro lado poder retroceder desde la configuración completa del edificio a la toma de decisiones de diseño para corregir errores y depurar diseños para hacerlos más eficientes. En los apartados que siguen se definen los dos elementos caracterizadores del sistema BIM: los cambios en el proceso de diseño y la caracterización de los diferentes niveles de detalle (identificados como LOD) de los modelos utilizados i que se explican más adelante.

3.6 *Proceso de diseño con sistemas BIM*

El proceso de la elaboración del proyecto de arquitectura con el uso de las plataformas BIM se estructura básicamente en las siguientes cuatro fases, que pueden solaparse en el tiempo y pueden tener variantes según los países:

- *Conceptualización*

La Conceptualización comienza a determinar qué, quién y cómo se deberá construir. Esta fase empieza cuando el propietario o promotor discute con el proyectista su idea inicial y los objetivos del proyecto. El diálogo cliente-diseñador podría partir del análisis del presupuesto del primero y la valoración con las diferentes opciones de proyecto. Posteriormente, será posible elaborar un programa inicial que recoja el planteamiento del proyecto. Aunque esta fase inicial es más una búsqueda de información que un proyecto propiamente dicho, hay varios aspectos en los que las técnicas BIM ya pueden ser operativas.

Por ejemplo, en el modelado esquemático de las masas volumétricas, el cliente puede empezar a visualizar el componente espacial del edificio. Una vez que se ha elaborado el programa general y se han modelado las masas volumétricas del edificio, es posible proceder a incluir la participación del constructor y el resto de agentes y establecer las relaciones contractuales que caracterizarán las relaciones laborales y productivas entre ellos.

- *Criterios de diseño. CD (Criteria Design)*

Durante la fase de criterios de diseño el proyecto toma forma. Se examinan, valoran y escogen las principales opciones¹³. El objetivo de esta fase es obtener un modelo virtual del edificio para comunicar la intención del proyecto. La base de trabajo de esta etapa puede apoyarse en el modelo esquemático producido en la fase anterior. El promotor, a través de la visualización de los resultados de las simulaciones BIM tendrá la oportunidad de involucrarse en el proceso de toma de decisiones, mientras que los diseñadores, a través de la colaboración con el resto de actores, podrán comenzar a desarrollar todos los componentes del edificio.

- *Diseño de detalles. DD (Detailed design)*

En la fase de diseño de los detalles todas las decisiones fundamentales ya han sido tomadas. El diseño de detalles incorpora parte de lo que en el proceso tradicional se definía como “proyecto de ejecución”¹⁴. La modelización, obtenida gracias a la colaboración de proyectistas, consultores, constructores e industriales alcanzará a cubrir todos los aspectos del edificio, como, por ejemplo: el modelo arquitectónico, el modelo estructural, el modelo MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing), el modelo HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning), y el sistema de prevención de incendios.

Cada uno de estos modelos deberá cumplir con las normativas vigentes, no crear conflictos ni colisiones con los componentes del resto de modelos y satisfacer los objetivos de proyecto y los requisitos establecidos en la anterior sub-fase.

¹³ Integrated Project Delivery: A Guide, AIA 2007

¹⁴ Integrated Project Delivery: A Guide, AIA 2007

- *Implementación de documentos. ID (Implementation Design)*

Durante esta fase el esfuerzo se desplaza del qué al cómo se ha de construir. Dado que en la fase precedente se ha concluido con el proyecto de todos los sistemas constructivos, la fase ID requiere menos esfuerzo que la fase del “proyecto de ejecución” tradicional¹⁵. En una gran parte de la literatura especializada del sector, esta fase está asociada a la generación de la documentación 2D.

En la práctica profesional, en la gran mayoría de los casos se obliga a los proyectistas a entregar en este tipo de soporte. Si se regresa de nuevo a un proceso de conformación tradicional, prescindiendo de las técnicas de modelado BIM, al final del diseño, el proyecto ejecutivo debe entregarse al contratista o al constructor para que proceda a la construcción. En un proceso integrado en el sistema BIM, el constructor ya está a bordo del equipo que pretende diseñar y construir el edificio en equipo.

3.7 Nivel de desarrollo LOD (*Level of Development or Level of Detail*)

Una modelización en plataformas BIM puede construirse con diferentes grados de definición, desde volúmenes generales básicos, hasta la información detallada y completa de cada elemento constructivo. Esto es lo que origina los diferentes Niveles de Desarrollo o LOD.

Los niveles de desarrollo, (LOD) son la referencia que permite a los operadores del sector de la arquitectura, la ingeniería y la construcción (“AEC” por sus siglas en inglés) especificar y articular los contenidos, con un alto grado de claridad y de fiabilidad, en los modelos BIM de las distintas fases del proceso de diseño y construcción.

El término LOD fue introducido por la compañía Vico Software en 2004 para facilitar la intervención de los diferentes actores que intervienen en el proceso de diseño y establecen los diferentes grados de definición. Las especificaciones de LOD utilizan las definiciones básicas desarrolladas por el AIA¹⁶ y se han desarrollado de manera muy similar en cada país. Para este trabajo hemos comparado este marco de referencia de niveles para Estados Unidos, Italia y el Reino Unido, a modo de ejemplo.

Del modelo se pueden obtener dimensiones e informaciones que todavía no son precisas, por lo que es necesario poder distinguir las diferentes situaciones, por este motivo se introducen los niveles de desarrollo que indican claramente la fiabilidad de los datos contenidos en el modelo.

Dentro de un entorno colaborativo los LOD adquieren una gran relevancia y permiten mantener una coherencia en la comunicación y en la ejecución facilitando la realización del modelo BIM en todas sus facetas, puesto que permite a los autores del diseño definir aquello en lo que se basan sus modelos y permite a los usuarios finales comprender el alcance y las limitaciones de los modelos que han recibido.

¹⁵ Cfr. Dal disegno alla simulazione BIM 3.0

¹⁶ Porla AIA G202-2013 costruzione Information Modeling protocollo Form realizada en el CSI Unifomat 2010.

El propósito de las especificaciones es ayudar a clarificar la estructura del LOD y estandarizar su uso, que resulta útil como herramienta de comunicación y de intercambio de información. Además, no determinan el grado de desarrollo que se debe alcanzar ni en qué punto del proyecto, pero deja establecidas las especificaciones de la progresión del modelo para el usuario.

Progresivamente se ha visto la conveniencia de distinguir dos categorías para los diferentes grados de desarrollo que distinguen la información geométrica -que sería asimilable a lo que corresponde al modelo 3D- para lo que, en algunos países, se han consignado las siglas LOG (Level of geometry), de la información no geométrica que se correspondería con las especificaciones numéricas y textuales asociadas a la base de datos designadas como LOI (Level of Information)¹⁷.

Los principales objetivos del establecimiento de niveles son: ayudar a los equipos a especificar el resultado final BIM y qué imágenes deberán ser incluidas; ayudar a los proyectistas a explicar a su propio equipo la información y los detalles que se deben proporcionar durante el proceso de diseño; permitir que los usuarios finales confíen en la información especificada en el modelo recibido de otros, y proporcionar los estándares a los que se refieren el contrato y el Plan de Ejecución BIM.

Una mirada a la organización de estos niveles en varios países permite acabar de comprender cuál es su importancia. En los Estados Unidos los niveles de desarrollo son: LOD 100 (el modelo se puede representar gráficamente mediante símbolos), LOD 200 (el modelo es aún un sistema simplificado con cantidades, dimensiones y formas aproximadas), LOD 300 (el modelo es un conjunto de elementos específicos en cantidad, dimensiones y las formas, se pueden obtener dibujos 2D tradicionales y documentos técnicos ejecutivos y se pueden realizar análisis sobre su rendimiento en diferentes aspectos), LOD 350 (se añaden a la definición tecnológicas y dimensional los puntos de conexión con los otros componentes del propio modelo), LOD 400 (los elementos se representan gráficamente dentro del modelo y contienen información sobre su producción industrial, ensamblaje e instalación es decir información no gráfica), por último LOD 500 (sería lo conocido como "as built", y se representan tal como se construyen en forma posición y dimensiones).

Por su parte en el Reino Unido, se estructuran los niveles de definición tanto geométrica como de la información, en 5 numerados del 2 al 6. 2- Concept stage; 3- Developed design; 4- Technical design; 5-Construction y 6-Operation and maintenance.







Por último, en Italia que es en el entorno en que se han realizado los trabajos experimentales, la escala de niveles de LOD se ha codificado con letras: de la A, a la G, para no confundir con los códigos utilizados en estados Unidos y Reino Unido. Los niveles son: LOD A: objeto simbólico; LOD B: objeto genérico; LOD C: objeto definido; LOD D: objeto detallado; LOD E: objeto especificado; LOD F: objeto final (as build), con todas las características y especificaciones necesarias para cualquier análisis de comportamiento y por último LOD G:

¹⁷ BIMForum en Italia, ha seguido estableciendo desde el 2011 especificaciones de los diferentes LOD no exclusivamente gráficas. La norma UNI 11337:2017 el LOD, entendido como "Livello di sviluppo dell'oggetto", se divide en LOG (Livello di sviluppo degli Oggetti - attributi geometrici) y LOI (Livello di sviluppo degli Oggetti- Attributi informativi).

seguimiento a lo largo de la vida útil. Se añaden reparaciones, deterioros posibles, y otras variaciones de la información asociada al objeto.

Un modelo BIM completo y definido puede ser demasiado complejo para el análisis parcial. La sistematización de los diferentes grados de LOD confiere al modelo 3D esa posibilidad de simplificación necesaria que requiere un modelo apto para someterse a una simulación.

Figura 9. Cuadro comparativo de los diferentes niveles de desarrollo en tres países y sus respectivas visualizaciones en el caso de una ventana y sus componentes cualitativas

FINESTRA							
<u>LOG</u>							
<u>USA</u>	LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 350	LOD 400	LOD 500	
	-	Construcción	- Construcción - Materiales - Resistencia termica				
<u>UK</u>	Level Of Definition 1	Level Of Definition 2	Level Of Definition 3	Level Of Definition 4	Level Of Definition 5	Level Of Definition 6	
	-	Descripción	- Exposición a la intemperie - Resistencia - Permeabilidad durabilidad - Transmancia - Prestaciones - Aspecto - Seguridad - Cumplimiento de requisitos	- fabricante del elemento - Material de auxiliar de construcción y fijaciones. - Materiales de la unidad de ventana y fijaciones - Rellenos y selladores. - Funciones adicionales2 - Accesorios		- Accesibilidad - Tipo de actividad - Categoría - Manual de prestaciones - Duracion de garantías - tomador de garantías - Número de etiqueta - fecha de inicio de garantía	
<u>IT</u>	LOI A	LOI B	LOI C	LOI D	LOI E	LOI F	LOI G
	Determinación de volumen máximo.	- Geometría simple del espacio. - Dimensiones - Requisitos de definiciones. - materiales	- Número de puertas. Acrystalamiento. - Tipo de apertura. - Prestaciones al proyecto - definición del componente	- Componentes accesorios - Tipo de persiana - Acabados - Detalles constructivos - detalle de los componentes	- Transmisión acústica - Valores de aislamiento térmico - esquemas de montaje - Información del montaje - Materiales de sujeción - esquemas técnicos	- Manual d mantenimiento Clasificación (UNI 8290 CSI, etc.), Certificaciones de producto - Certificado de homologación	- Datos de mantenimiento - materia de mantenimiento - Tipo de Intervención.

Fuente: Elaboración propia

4. Conclusiones

La industria de la construcción actual arrastra una tradición metodológica que no facilita la flexibilidad y el cambio de orientación en un proyecto, sin encarecer mucho el resultado final. Las sucesivas crisis económico-financieras que ha sufrido el sector, así como las recientes normativas sobre la importancia del control de calidad de la edificación¹⁸ deben ser un motivo para hacer una reflexión global sobre nuevas posibilidades de desarrollo y oportunidades de reactivación.

En la actualidad los edificios deben cumplir unas expectativas de servicio y prestaciones a una sociedad cada vez más exigente. Por otro lado, los crecientes desafíos en el terreno de eficiencia energética y bienestar y respeto medioambiental obligan a incorporar información asociada a los materiales y a los procesos constructivos para tomar decisiones incluso y sobre todo en los casos de reutilización de edificios existentes cuyas prestaciones no cumplen los requisitos ni los niveles de exigencia actuales.

Las tecnologías digitales permiten prever en el proyecto, en forma de modelo virtual, el cumplimiento correcto de las prestaciones antes de emprender la construcción, no sólo en términos dimensionales, sino en cuanto a su funcionamiento dinámico.

La simulación BIM puede ser la base para un gobierno diferente del proyecto basado en un control de sistemas y componentes, de su ensamblaje y del ciclo de vida del edificio en su conjunto. Además, se vislumbra que la representación no es suficiente para describir la realidad completa y que siempre habrá una pérdida de información en la restitución gráfica. Las simulaciones “virtuales” que ofrecen estas tecnologías hacen posible una nueva visión del proyecto. No se trata sólo de un lugar de verificación continua y redefinición de opciones de diseño, sino del lugar de ensamblaje de las partes definidas en las fases de decisión.

Resulta pues evidente que nos encontramos hoy frente a concretas oportunidades y perspectivas de cambio que no se pueden ignorar. Las innovaciones ofrecidas por las tecnologías BIM, en particular para las intervenciones en el patrimonio construido, proponen un cambio radical en la gestión y organización en los procesos de diseño que ya no pueden inscribirse en una visión disciplinaria, sino en una integración orgánica entre disciplinas y competencias capaces de compartir la síntesis en la complejidad que recoge las características con repercusión ambiental, económica y social. Se hace necesario y por tanto se prevé, junto al desarrollo continuo de lenguajes y protocolos compartidos, la apertura de un maduro enfoque sistémico que abra nuevas oportunidades de desarrollo futuro de la arquitectura.

Pero la incorporación de nuevos instrumentos no equivale a sustituir los tradicionales (dibujo o maquetas) por nuevos artefactos, sino que deberá conllevar un nuevo encaje para ellos. El dibujo, sus paradigmas, no están ausentes en los nuevos métodos. La extracción de información del modelo BIM deberá seguir los registros y los recursos propios de la representación arquitectónica para ser eficaces en la comunicación de la información entre los agentes que intervienen en el proceso. Las fases meramente gráficas podrán ahora ahorrarse

¹⁸ Direttiva Europea del 12 Febbraio 2001 (2001/C 73/ 04) sulla qualità architettonica dell'ambiente urbano e rurale.

la tarea de calcular o comprobar las propuestas y podrán dedicarse a sintetizar en un mensaje comprensible y visual la información, después de un filtraje adecuado. El dibujo será la síntesis.

Otra consecuencia del BIM es que la visualización dinámica del edificio facilita la lectura formal de la arquitectura a más profesiones que era una habilidad reservada a unos pocos. Esto favorecerá la participación de más agentes en todos los estadios de toma de decisiones del proceso edificatorio. Aunque esto no es necesariamente ni ventaja ni inconveniente, hay que considerarlo como otro aspecto de cambio, a nuestro juicio importante que habrá que atender.

Contribuciones de los autores: El primer autor ha coordinado las experiencias docentes, en proyectos competitivos de investigación y profesionales que han constituido los ejemplos y los casos de estudio, el segundo autor ha aportado la experiencia en la elaboración de análisis teórico sobre el ejercicio profesional con el uso de medios digitales y en la experiencia académica en la enseñanza del dibujo técnico en la formación de arquitectos, el tercer autor ha elaborado, en primera persona, los ejemplos que han constituido los casos de estudio que han dado el soporte a las reflexiones y el análisis. Los tres autores han participado del debate y la reflexión que el texto recoge.

Conflicto de Intereses: Los autores declaran que no hay conflicto de intereses.

Agradecimientos

Agradecemos la arquitecta Mariolina Grasso y la ingeniera Mariaclaudia Parisi, estudiantes de doctorado del XXXIII Programa de Doctorado en “Infrastrutture civili per il territorio” de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Università Kore di Enna, en Italia, por la elaboración de los datos relativos al desarrollo de las políticas arquitectónicas y la difusión de las metodologías BIM en Europa.

Bibliografía

ACAMPA, G. FORTE, F. *The role of evaluation in B.I.M. models: from the representation to the simulation of the design*. En: World Heritage and Knowledge Atti XVI International Forum (2018, Napoli-Capri, Italia). 2018. pp1165-1170.

ACAMPA, G. BONA, N. GRASSO, M. TICALI, D. *BIM: Building information modeling for in frastructures*. En: AIP Conference Proceedings, 140008, 2018.

ARGIOLAS, C. PRENZA, R. QUAQUERO, E. 2015. *BIM 3.0 Dal disegno alla simulazione: nuovo paradigma per il progetto e la produzione edilizia*. Roma: Gangemi Editore spa.

ARLATI E., 2012. *Il vantaggio della modellazione è radicale nella concezione e nella operatività*. Ingenio núm. 7, Novembre.

BIMFORUM. *Level of Development Specifications*, 2015. Disponible en: <<https://bimforum.org/lod>>

CRESPO, I. MARTINEZ, F. FONT, J. *Composición y discurso gráfico en los concursos*. En: XIV Congreso Internacional Expresión Gráfica Arquitectónica. Concursos de Arquitectura, Oporto 2012.

CRESPO, I. FONT, J. MARTINEZ, F. *Los dibujos de Josep Llinás*. Sant Cugat del Vallés, ETSAV, 2004, colección RDT (Las Razones del Dibujo Técnico), ETSAV-UPC, 2004.

CRESPO, I. FONT, J. MARTINEZ, F. *El dibujo y la imagen del proyecto. La obra gráfica de 4 equipos de arquitectos romanos*. Sant Cugat del Vallés, ETSAV, 2006, colección RDT (Las Razones del Dibujo Técnico), ETSAV-UPC, 2006.

EASTMAN, C. TEICHOLZ, P. SACKS, R. & LISTON, K., 2011. *Il BIM Guida completa al Building Information Modeling*. Milano: Hoepli.

FATTINIANZI, E. ACAMPA, G. FORTE, F. ROCCA, F. *La valutazione complessiva della qualità nel progetto di architettura*. En: Valori e Valutazioni, 21, 2018.

FERRARA, A. FELIGIOLI, E. *BIM E PROJECT MANAGMENT Guida pratica alla progettazione integrata*, 2016, Dario Flaccovio Editore.

GARZINO G. (a cura di), *Disegno (e) In_formazione*. Disegno Politecnico, Maggioli, Rimini, 2011.

GSA, BIM Guide Series, United States General Services Administration, 2012. Disponible en: <<https://www.gsa.gov/real-estate/design-construction/3d4d-building-information-modeling/bim-library>>

HARDIN B., MCCOOL D. *BIM and Construction Management. Proven Tools, Methods, and Workflows*. Canada: Sybex. 2016.

MAROTTA, A. LO TURCO, M. *Modellazione 3D, ambienti BIM, modellazione solida per l'Architettura e il Dipartimento di Architettura e Design*. Politecnico di Torino.

MARTINEZ, F. CRESPO, I. FONT, J. *RDT2- Les raons del dibuix tècnic: Els dibuixos de Iñaki Alday i Margarita Jover*. ETSAV, CAIRAT, 10/2005. Colección RDT (Las Razones del Dibujo Técnico) ETSAV-UPC.

PIEMONTESE A., 2014. *Architettura e computer*. Edizione Gangemi editore.

RECHT R, 2001. *Il disegno d'architettura. Origine e funzioni*. Milano: Jaca Book.

ROSSI, M. CASALE, A. *Uno (nessuno) centomila prototipi in movimento. Trasformazioni dinamiche del disegno e nuove tecnologie per il design*, 2014. Politecnico di Milano, Sapienza Università di Roma.

UNI 11337: "Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni"

ZACCHEI V., 2010. *Building Information Modeling: nuove tecnologie per l'evoluzione della progettazione-costruzione*. Roma: Aracne editrice.