

Building Information Modeling: barreras y oportunidades para mejorar la eficiencia en la industria de la construcción

Norena Martín-Dorta
Universidad de La Laguna (España)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/7828>

1. INTRODUCCIÓN

El informe del *National Institute of Standards and Technology* sobre costes de interoperabilidad en el sector de la construcción de Estados Unidos estima que las pérdidas por ineficiencias, errores y atrasos en esta industria representa un cuantía anual de 15.800 millones de dólares. Esto corresponde a la suma de los costes anuales para cuatro grupos de actores clave: arquitectos e ingenieros (1.200 millones de dólares); contratistas (1.800 millones dólares); fabricantes y proveedores (2.200 millones); y los propietarios y operadores (10.600 millones). Desde una perspectiva empresarial, esto supone aproximadamente el uno por ciento de los ingresos anuales para cada uno de los tres primeros grupos de interés y casi un tres por ciento para los propietarios y operadores [1].

El Reino Unido, en su plan de gobierno del año 2011, ya pone de manifiesto la importancia del sector de la construcción en su economía y la necesidad de una renovación estructural. En Mayo de 2011 publica la *UK Government Construction Strategy*, impulsada desde el más alto nivel gubernamental, y cuya motivación es la necesidad de reducir en un 20% los costes de los proyectos públicos. A nivel de la Unión Europea, la aprobación de la Directiva sobre Contratación Pública en febrero del año 2014 pretende fomentar el uso del BIM entre los estados miembros en los proyectos de construcción y edificación financiados con fondos públicos a partir del 2016.

La industria de la construcción en España ha sufrido especialmente la crisis económica desde el año 2008. Según el Informe Económico de Seopan del año 2014, el volumen en millones de euros en licitaciones públicas de edificación e infraestructuras es un 63% menor en el año 2014 que en el año 2007. En los últimos cinco años, la construcción ha perdido más de 1,17 millones de empleos (el 51% de los que había en 2008). Durante las últimas décadas, se han producido desarrollos tecnológicos importantes que han modificado sustancialmente la forma en que vivimos. Sin embargo, la construcción, a pesar de ser una de las industrias más antiguas del mundo, siempre ha sido muy lenta en adaptarse y cambiar en consonancia con los avances de la tecnología [2]. El presente trabajo pretende facilitar una visión general sobre qué supone *Building Information Modeling para la industria*: la evolución y los conceptos principales y las barreras y oportunidades en la implementación. Se proporciona información útil para los profesionales que consideran implementar BIM en sus proyectos, sobre todo después de que el Ministerio de Fomento de España haya decidido asumir el liderazgo del proceso de adopción de la metodología BIM desde inicios del año 2015.

2. BUILDING INFORMATION MODELING: EVOLUCIÓN Y CONCEPTOS

Históricamente los arquitectos, ingenieros y diseñadores utilizaban tableros de dibujo y técnicas de dibujo manual para transmitir sus propuestas de diseño a los clientes. Entre los años 1970 y 1980, la industria AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción) progresó al uso de los sistemas CAD (*Computer Aided Design*), de tal forma que los ordenadores asistían en la elaboración, diseño y redacción de obras de ingeniería. Comparado con el dibujo manual, el *Diseño Asistido por Ordenador* produjo mejoras en la productividad y en la reducción de los costes al permitir desarrollar mayor cantidad de trabajo en menor tiempo y con un menor esfuerzo. Sin embargo, el reto era asegurar la coherencia entre todos los documentos de un proyecto. *Building Information Modeling* no es en realidad una idea nueva. Estudios que explicaban cómo estructurar la información de la construcción se publicaron ya hace más de veinte años. BIM tienen su origen en los modelos de productos, ampliamente utilizados en la industria de automoción, aviación, petroquímica o naval. El desarrollo del modelado 3D se inició en la década de los 70, basado en los inicios en el *Diseño Asistido por Ordenador*. Mientras que en la industria se desarrollaron herramientas de modelado paramétrico y análisis integrado basado en objetos, el sector de la construcción se centró en el diseño tradicional 2D [1,3].

Ya en 1962 Douglas Engelbart propone "*objetos basados en diseño*", en la manipulación paramétrica y en una base de datos relacional; sueños que se convertirían en realidad varios años más tarde. En 1975, un artículo de Chuck Eastman describe un prototipo funcional que denominaba "*Building Description System (BDS)*" y que incluía conceptos de diseño paramétrico y su idea de una *base de datos única e integrada para un análisis visual y cuantitativo*. Entre los años 1970 y 1980 esta tecnología continua desarrollándose en todo el mundo. El enfoque BDS tendía a ser descrito en los EE.UU como *Building Product Models* y era conocido en Europa como *Product Information Models*. Estas expresiones se fusionaron para convertirse en lo que hoy conocemos como *Building Information Model*, término documentado por primera vez en 1992 en un artículo de Van Nederveen y Tolman, del Departamento de Ingeniería Civil de la *Delft University of Technology* (Países Bajos). En 1987, la empresa *Graphisoft* fue la primera en utilizar el concepto BIM, llamándolo *Virtual Building (Edificio Virtual)*. Gábor Bojar desarrolló *Radarcad* en 1984, rebautizado luego como *ArchiCAD*, y considerado como el primer software de BIM en el mundo para un ordenador personal. Leonid Raiz e Irwin Jung Reis querían desarrollar un software más potente que *ArchiCAD* que pudiera abordar diseños arquitectónicos más complejos. Nació así en el año 2000 *Revit*, comprada por Autodesk en 2002, lo que supuso su rápida expansión. Esto demuestra que BIM existía desde mediados de los 80, aunque ha tardado quince años en consolidarse [1].

La colaboración entre diversas empresas de software y distintos institutos de investigación fue el origen de la creación en 1995 de la *Industry Alliance for Interoperability* (IAI). Durante los siguientes años, la IAI trabajó para establecer un estándar para la descripción de los edificios, lo que permitiría el intercambio sin la pérdida de su información semántica. Este estándar se llamó *Industry Foundation Classes* (IFC) y fue publicado en su primera versión en 1997. Hasta la fecha no existe consenso sobre la definición del término Building Information Modeling. La *US Associated General Contractors Guide* define BIM como “el desarrollo y el uso de un modelo digital para simular la construcción y operación de una infraestructura en la que el modelo resultante es una representación digital inteligente, paramétrica, orientada a objetos y rica en datos de la instalación, de la que se pueden extraer y analizar los datos apropiados para las necesidades de los distintos usuarios para generar información que pueda ser utilizada en la toma de decisiones y en la mejora del proceso de entrega de la instalación”. El *American Institute of Architects* (AIA) define BIM como “una tecnología basada en un modelo vinculado con una base de datos de información del proyecto”. El *National BIM Standard – United States* (NBIMS-US) define BIM como una “representación digital de las características físicas y funcionales de una construcción. Como tal, sirve como recurso de conocimiento compartido para obtener información sobre una edificación, que constituye una base fiable para la toma de decisiones durante su ciclo de vida desde la fase inicial de diseño”. En España, la Guía de Usuarios BIM lo define como “una forma de trabajo en la que mediante herramientas informáticas se elabora un modelo de un edificio al que se incorpora información relevante para el diseño, construcción o mantenimiento del mismo” [4-7].

El *Bew-Richards BIM Maturity Model* [8] describe la evolución de BIM en la industria, desde el dibujo manual al BIM, pasando por el CAD y las posibles tendencias futuras en diferentes niveles. Este nuevo contexto de gestión de proyectos centrado en un modelo único ha dado lugar a lo que se denominan las dimensiones BIM. La dimensión 2D (*Drawing*) se refiere a los planos CAD tradicionales (líneas, imágenes). La 3D (*Model*) supone disponer de un modelo 3D que nos permita navegar por él, detectar colisiones, realizar simulaciones a nivel inicial de las fases de obra o permitir construir una maqueta virtual. La dimensión 4D (*Time*) añade la programación detallada de obra, con información de las actividades previstas. La dimensión 5D (*Cost*) supone la inclusión de información de la medición y el coste en el modelo BIM. Las dimensiones 6D y 7D están asociadas con los análisis de sostenibilidad y la gestión y operación de las infraestructuras. Otro de los conceptos que forman parte de los procesos BIM son el Nivel de Detalle y el Nivel de Desarrollo. El *Nivel de Detalle* (*Level Of Detail*) se corresponde con la cantidad de información de un elemento/objeto BIM. Inicialmente definida por la empresa Vicosoftware, convive con dificultad y dando lugar a errores de interpretación con el acrónimo LOD del *Nivel de Desarrollo* (*Level of Development*). El LOD como *Level of Development*, introducido por la AIA (*American Institute of Architects*), pretende valorar para qué sirve la información representada en lugar de la cantidad de información. Se define la cantidad y la calidad de información y no se refiere a la totalidad del proyecto y tampoco tiene vinculación con la fase de desarrollo o construcción.

El atractivo de *Building Information Modeling* como herramienta de transformación de la industria de la construcción es su capacidad para propiciar la colaboración, la coordinación y

la comunicación entre todos los actores involucrados en el ciclo de vida de un proyecto. Los formatos neutros de representación de datos son los que nos permitirán el intercambio continuo de información entre sistemas. Los formatos de representación y de intercambio de datos desarrollados por la *buildingSMART Internacional* (bSI) (antes *Industry Alliance for Interoperability*) y el formato Cobie (*Construction Operations Building Information Exchange*) han recibido una amplia aceptación por parte de la industria. El uso de la tecnología BIM requiere de la necesidad de tener un “lenguaje” común que defina los objetos que componen un proyecto. Para proporcionar una plataforma robusta, científica y estandarizada, bSI proporciona cuatro instrumentos: *Industry Foundation Classes* (IFC) – *data model*; *BuildingSMART Data Dictionary* (bSDD) – *data dictionary*; *Information Delivery Manual* (IDM) – *data processes*; y *Model View Definition* (MVD). Otro estándar para la transferencia de datos de información abierta, COBie, ha sido desarrollado junto a IFC y también para suplementarlo. Su objetivo principal es facilitar y estandarizar la transferencia de la información del proyecto de construcción desde el diseño, construcción y puesta en marcha hasta el mantenimiento [9].

3. BARRERAS Y OPORTUNIDADES

En esta sección se aborda cómo los procesos BIM están siendo implementados según la literatura científica: los beneficios y potencialidades, las barreras y los posibles riesgos.

3.1 BARRERAS EN LA IMPLEMENTACIÓN

La implementación de BIM en la industria de la construcción está afectada por distintas barreras, que se pueden clasificar según los estudios científicos en cinco grupos principales: la falta de una norma o estándar nacional; el alto coste de las aplicaciones; la falta de personal cualificado; las cuestiones de la organización/empresa; y las cuestiones legales. Cada barrera se puede dividir en dos o tres sub-grupos (items), como se refleja en la Tabla 1.

El desarrollo de una estrategia nacional para la implementación del BIM fijaría las prioridades nacionales y proporcionaría un mecanismo de referencia para toda la industria. Es necesario la determinación de estándares que faciliten la coordinación de la información entre los distintos agentes que participan en los procesos BIM y publicar directrices para su aplicación [11]. La inconsistencia de los datos se identifica como uno de los problemas de mayor importancia, y la interoperabilidad para el intercambio de información es el segundo más común [13]. La voluntad de compartir información entre los agentes interesados en el proyecto se considera un factor crítico y al que se debe prestar especial atención, estableciendo los mecanismos que favorezcan la capacidad de transmitir y reutilizar la información [10,12].

BIM precisa una inversión que tiene un coste considerable en software, hardware, formación y en el almacenamiento y la gestión de datos. Para las pequeñas organizaciones en particular, estos costes pueden suponer una importante barrera para la implementación en su organización. Esto hace necesario valorar con prudencia los procesos de implementación [14].

Los costes en formación y entrenamiento tienen dos grandes elementos: garantizar que una empresa tiene el personal necesario, ya sea mediante la contratación de nuevo personal o la reconversión del personal existente, para establecer e integrar la tecnología BIM en sus operaciones; y el reciclaje de la mayoría del

personal existente para apoyar los cambios de comportamiento y organizativos necesarios para adoptar la tecnología BIM dentro de un modelo de negocio. Los estudios han demostrado que la formación en BIM puede mejorar significativamente la competitividad de los estudiantes en el mercado laboral actual [17]. La falta de profesionales con formación adecuada ha obstaculizado un avance más rápido del uso del BIM en la industria AEC [16]. Esta brecha en las habilidades es un obstáculo para la implantación. Esta situación puede empeorar debido a una escasez de profesionales capacitados en BIM en los próximos 20 años [15].

Las cuestiones relacionadas con los modelos organizativos de las empresas y que afectan a la implementación del BIM incluyen áreas como la ética profesional, los problemas en la gestión de los procesos y la confianza [20]. El trabajo colaborativo gestionado mediante procesos BIM pone su acento en los problemas de interoperabilidad [18]. Los altos directivos pueden ser reticentes a introducir nuevas tecnologías y procesos en la organización. El enfoque de abajo hacia arriba (botton-up) se considera más eficaz en el tratamiento de la resistencia al cambio [19]. La falta de conocimiento acerca de lo que hay que hacer para evolucionar desde el sistema de trabajo tradicional está claramente identificado como una barrera para la implementación de BIM [12].

Es necesario por último abordar los aspectos jurídicos asociados al BIM. El primer riesgo legal está relacionado con la propiedad de los datos. Pueden surgir problemas de propiedad cuando otros actores, distintos de los propietarios y los arquitectos e ingenieros, aportan datos que se integran en los modelos [11]. Otra cuestión será cómo determinar quién controla el acceso a los datos, y quién será responsable de los errores. Este aspecto podría provocar una gran cantidad de riesgos. Las partes interesadas requieren seguridad en la gestión de los datos del modelo BIM. Distintos conflictos jurídicos y de seguridad se han identificado en relación con la administración de proyectos de construcción dentro de un entorno electrónico por lo que la normativa tendrá que ser capaz de abordarlos [21].

3.2. LOS BENEFICIOS Y OPORTUNIDADES

Los beneficios más destacables logrados con la implantación de metodologías BIM mencionados por diversas fuentes de la literatura se identifican y resumen en las siguientes líneas [22].

- La mejora en el control y la colaboración en los proyectos entre las partes interesadas.
- Mejora de la productividad (menos modificaciones, conflictos y cambios).
- Mejora en la calidad y el rendimiento del proyecto.
- Reducción en los plazos de ejecución de los proyectos.
- Reducción de las bajas/mermas.
- Reducción de los costes de construcción.
- Nuevos ingresos y oportunidades de negocio.

Se estima que BIM puede eliminar las modificaciones no presupuestadas en un 40%, y reducir el tiempo necesario para completar un proyecto en un 7%, y el tiempo para generar una estimación de los costes hasta en un 80% [11]. El *Center for Integrated Facility Engineering* de la Universidad de Stanford publicó un informe en el año 2007 sobre su trabajo con 32 proyectos de EE.UU., Europa y Asia. El estudio demuestra que cuando se usan metodologías BIM en un proyecto se pueden eliminar hasta en 40% los cambios no presupuestados, aumentar la precisión en la estimación de los costes en al menos un 3% y reducir en un 80% el tiempo necesario para generar una estimación de los gastos [1]. El Gobierno del Reino Unido ha publicado los datos de costes desde el año 2012 en relación con la consecución de su objetivo general de una reducción sostenible de entre un 15% y un 20% en el coste de la construcción para el año 2016. El informe de julio de 2014, "*UK Departmental Cost Benchmarks Cost Reduction Trajectories and Cost Reductions*" demuestra una continua disminución de los costes [23].

El compromiso de la *US General Services Administration* (GSA) durante más de una década con el Programa Nacional 3D-4D-BIM está logrando ahorros de sostenibilidad consistentes y medibles a través de una cartera de construcción pública de más de 9.000 activos. Sus 10 proyectos piloto iniciales han logrado ahorros que cubrieron el coste del programa piloto del primer año. En la actualidad se alcanza un ahorro regular debido a la detección anticipada de errores y omisiones, a la reducción de los tiempos de construcción, a la mejora en la precisión y rapidez de las mediciones con menos del 5% de error y con una mayor transparencia y fiabilidad en las simulaciones de eficiencia energética.

Categoría	Ítem	Referencias
Ausencia de un estándar o norma nacional	Un estándar nacional incompleto Dificultades en el intercambio de información en BIM	[10-13]
Alto coste de las aplicaciones	Alto coste inicial del software Alto coste del proceso de implementación	[11,14]
Falta de personal cualificado	La falta de profesionales Alto coste de la formación	[15-17]
Cuestiones de la organización/empresa	Problemas en los procesos Curva de aprendizaje La falta de apoyo desde la dirección	[12, 18-20]
Cuestiones legales	De propiedad La responsabilidad por imprecisiones Problemas de licencias	[11, 21]

Tabla 1: Resumen de las barreras en la implementación de BIM

El Centro de Ciencias de la Salud de la Universidad de Colorado, es uno de los pocos proyectos capaces de medir el éxito de la implementación de BIM comparando dos proyectos de similares características mediante procesos convencionales y metodologías BIM. El primer proyecto (216 millones de Dólares) se completó con éxito, en tiempo y dentro del presupuesto con un enfoque tradicional de entrega. El segundo proyecto (201 millones de Dólares) fue construido unos años más tarde mediante un proceso de diseño y construcción virtual integrada (VDC) y dio lugar a resultados "excepcionales" con la mejora de la productividad, el aumento de la prefabricación, menos trabajo, RFIs (requerimientos de información) y cambios reducidos y se terminó 2 meses antes de lo previsto y bajo presupuesto [24].

BIM es una nueva metodología de gestión de la información del ciclo de vida de los edificios. El llamado modelado de información para la edificación es el proceso de generación y gestión de datos del edificio durante el ciclo de vida utilizando software dinámico en tres dimensiones y en tiempo real, que permite disminuir pérdidas y recursos en el diseño y construcción, y también, en la explotación, mantenimiento, remodelación, e incluso, derribo o deconstrucción del edificio. Estas nuevas metodologías se manifiestan como catalizadores del cambio, y abren nuevas oportunidades de trabajo dentro del sector, afectando a todos los agentes que lo integra y que tienen que competir en este nuevo contexto.

PARA SABER MÁS

- [1] Eastman C, Teicholz P, Sacks R, Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. Canadá: John Wiley & Sons. Inc. 2011. ISBN: 978-0-470-54137-1.
- [2] CAATEEB (Col·legi d'Aparelladors, Arquitectes Tècnics i Enginyers d'Edificació de Barcelona). Informe de oportunidades en el sector de la construcción. El BIM y las nuevas Startups. 2015.
- [3] Del Caño-Gochi A, De La Cruz-Lopez M, Solano-Diaz Del Rio L. "Potencialidades de la realidad virtual con VRML / X3D en proyectos de construcción". DYNA. 2007, Vol.82-3, p. 15-25.
- [4] Cerovsek T. "A review and outlook for a Building Information Model (BIM): A multi-standpoint framework for technological development", Advanced Engineering Informatics. 2011. Vol.25-2, p. 224-244. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2010.06.003>.
- [5] Kristen Barlish, Kenneth Sullivan. "How to measure the benefits of BIM – A case study approach". Automation in Construction. 2012, Vol.24, p. 149-159. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2012.02.008>.
- [6] Eadie et al. "BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis". Automation in Construction. 2013. Vol.36. p.145-151. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2013.09.001>.
- [7] Building Smart Spanish Chapter. Guía de Usuarios BIM. 2014.
- [8] Bew M, Richards M. "Bew-Richards BIM maturity model", BuildingSMART Construct IT Autumn Members Meeting, Brighton. 2008.
- [9] Building Smart International. The Basic Standards. 2014.
- [10] Björk BC, Laakso M. "CAD standardisation in the construction industry—A process view". Automation in Construction. 2010. Vol.19-4 p. 398-406. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2009.11.010>.
- [11] Azhar S. "Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry". Leadership and Management in Engineering. 2011. Vol.11-3. p.241-252. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127).
- [12] Aibinu A, Venkatesh S. "Status of BIM Adoption and the BIM Experience of Cost Consultants in Australia". Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice. 2014. Vol.140-3. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000193](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000193).
- [13] Alreshidi E, Mourshed M, Rezgui Y. "Exploring the Need for a BIM Governance Model: UK Construction Practitioners' Perceptions.

Computing in Civil and Building Engineering, ASCE, p. 151-158. DOI <http://dx.doi.org/10.1061/9780784413616.020>.

- [14] Ganah AA, John GA. "Achieving Level 2 BIM by 2016 in the UK". Computing in Civil and Building Engineering. 2014, pp. 14-150. DOI: <http://dx.doi.org/10.1061/9780784413616.019>.
- [15] Smith DK., Tardif M. "Building information modeling: a strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers". John Wiley & Sons, 2009. DOI <http://dx.doi.org/10.1002/9780470432846>.
- [16] Becerik-Gerber B, Gerber DJ, Ku K. "The pace of technological innovation in architecture, engineering, and construction education: integrating recent trends into the curricula". Journal of Information Technology in Construction. 2011. Vol.16 p.411-432.
- [17] Wu W, Issa RRA. "BIM Education and Recruiting: Survey-Based Comparative Analysis of Issues, Perceptions, and Collaboration Opportunities". Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice. 2014. Vol.140-2. DOI [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000186](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000186)
- [18] Demian P, Walters D. "The advantages of information management through building information modelling". Construction Management and Economic. 2014. Vol.32-12. P.1153-1165. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01446193.2013.777754>.
- [19] Arayici Y, Coates P, Koskela LJ et al. "Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice". Automation in Construction. 2011. Vol.20-2, p.189- 195.
- [20] Won J, Lee G, Dossick C, Messner J. "Where to focus for successful adoption of building information modeling within organizations". Journal of Construction Engineering and Management, Vol.139-11. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000731](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000731).
- [21] Chynoweth P, Christensen S, McNamara J et al. "Legal and contracting issues in electronic project administration in the construction industry". Structural Survey. 2007. Vol.25-3/4 p.191-203. DOI: <http://dx.doi.org/10.1108/02630800710772791>
- [22] Qian A. "Benefits and ROI of BIM for Multi-Disciplinary Project Management". National University of Singapore. 2012. [ref. 29/02/16]. Disponible en Web: <http://goo.gl/q3C7L9>
- [23] Cabinet Office (UK): Government Construction – Construction Cost Reductions, Cost Benchmarks, & Cost Reduction Trajectories. 2014. [ref. febrero 2016]. Disponible en Web: <https://goo.gl/64Jqw>
- [24] McGraw-Hill. "McGraw-Hill Construction SmartMarket Report: The Business Value of BIM." McGraw-Hill Construction. 2009.

AGRADECIMIENTOS

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