

CONTART 2016. La Convención de la Edificación
20 - 22 de abril de 2016; Granada (Spain): Colegio Oficial de Aparejadores y
Arquitectos Técnicos de Granada. Consejo General de la Arquitectura Técnica
de España, p.799-809

EL BIM (BUILDING INFORMATION MODELING) EN EL URBANISMO Y SU INTERACCIÓN CON EL GIS

BRAVO GARCÍA, RAÚL; ABARCA ÁLVAREZ, FRANCISCO JAVIER;
ZAMORANO SALVADOR, ANA BELÉN

*1: Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio
Universidad de Granada*

*e-mail: raulbravogarcia07@gmail.com
mailto:Primer-Autor@mail.com*

*2: Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio
Universidad de Granada*

*e-mail: fcoabarca@ugr.es
3: Universidad de Granada
e-mail: abzamorano@hotmail.es*

Palabras clave: BIM; GIS; Urbanismo; Interacción Digital.

RESUMEN

La metodología BIM (Building, Information, Modeling) cada vez se encuentra más instaurada tanto a nivel internacional como nacional en el sector AEC (Architecture, Engineering, Construction), una herramienta que permite mediante el trabajo colaborativo basado en un modelo único de información, proyectar, controlar y gestionar todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción. Este modelo digital contiene gran cantidad de información, que puede ser utilizada no solo para el proyecto, como elemento inconexo e individual, también se puede integrar mediante el uso de otras herramientas como el GIS (Geographic, Information, System) participando y relacionándose con el entorno para el que se ha proyectado dentro de la trama urbana.

El objeto principal de este estudio, es realizar una revisión bibliográfica mediante diferentes investigaciones de ámbito internacional, en los que se relacionen ambas metodologías, BIM y GIS. De igual modo se pretende conocer cuáles son las principales temáticas estudiadas entre BIM y GIS y su desarrollo en otras disciplinas. Para la consecución de este objetivo se ha realizado una revisión bibliográfica en diferentes

bases de datos como IEEE Xplorer, Engineering Village y Web Of Science. Asimismo se ha evaluado la transferencia de esta información entre ambas herramientas de trabajo.

El estudio permite conocer el crecimiento de investigaciones que relacionen BIM y GIS a largo de los últimos años. Mostrando las áreas principales de investigación y sus principales barreras, así como sus beneficios y en que temática se utilizaran en un futuro.

1. INTRODUCCIÓN

La metodología BIM (Building, Information, Modeling) lleva en desarrollo más de 30 años, pero ha sido desde principios de los años 2000 cuando se ha ido implantando e introduciéndose en los sistemas de trabajo del sector AEC (Architecture, Engineering, Construction) de forma global [1]. El BIM se basa en un proceso de trabajo colaborativo, en el que utilizamos herramientas de diseño paramétrico en tres dimensiones, con el que creamos un modelo digital del edificio y que se encuentra compuesto por elementos con características físicas y cuantificables, permitiéndonos realizar una simulación en fase de proyecto, durante la ejecución y una vez entregada a su propietario, gestionando los costes, tiempos y recursos durante todo el ciclo de vida del edificio [2].

Se pueden obtener diferentes definiciones del BIM, como la realizada por el Instituto Nacional de Ciencias de la Edificación de Estados Unidos (NIBS) que indica, “la metodología BIM se define como la representación virtual de las características físicas y funcionales de una edificación y sirve como recurso para obtener los conocimientos compartidos de información que forma la base para las decisiones durante su ciclo de vida desde su proyecto hasta su mantenimiento” [3].

Aunque la definición que más se aproxima a la descripción del BIM, puede ser la que hace la Sociedad BuildingSmart que afirma, “Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos los agentes BIM. Esto supone la evolución de los sistemas de diseño tradicionales basados en el plano, ya que incorpora información geométrica (3D), de tiempos (4D) y de costes (5D), así como información sobre sostenibilidad y eficiencia energética” [4].

La metodología BIM nos permite el desarrollo de un modelo 3D paramétrico, con la ventaja de las múltiples interacciones que se producen con los agentes participantes en el proyecto y con las diferentes herramientas que se van añadiendo a lo largo del desarrollo del mismo. Para finalmente obtener una representación virtual, con una identidad propia y unas características concretas [5]. Pero este modelo visual y con una gran cantidad de datos reales se encuentra inconexo y aislado del entorno en el que se va a ejecutar referenciar.

Por ello debe de entenderse a la metodología BIM como una herramienta para el proceso edificatorio, en toda su amplitud, no acotando su uso exclusivamente al desarrollo individualista de una edificación concreta. El BIM puede y debe funcionar como parte de otras disciplinas, como el urbanismo o la ingeniería civil, consiguiendo definir y detallar cada edificación e infraestructura que compone esa trama urbana. Sin embargo, debemos de entender que el BIM por sí solo, no está pensado para estas disciplinas. Precisa ser una parte de ellas, colaborando y convergiendo con otros métodos como la

tecnología GIS (Geographic Information System), concretando de una manera global las diferentes escalas de definición de la planificación urbana.

El GIS como sucede con el BIM es una tecnología que lleva usándose desde hace varias décadas de forma habitual, la definición que podemos encontrar en la página web del Instituto Geográfico Nacional del Ministerio de Fomento, hace referencia a la indicada por el Departamento de Medioambiente de EE.UU. (DoE) la cual define al GIS como un “conjunto integrado de medios y métodos informáticos, capaz de recoger, verificar, almacenar, gestionar, actualizar, manipular, recuperar, transformar, analizar, mostrar y transferir datos espacialmente referidos a la Tierra” [6]. Aunque el GIS se basa en la cartografía y geodesia, tiene la capacidad de aunar con respecto a él diferentes disciplinas e industrias, como puede ser los recursos naturales, seguridad y emergencia, defensa e inteligencia, educación, infraestructuras, etc... Y es que esa capacidad que tiene el GIS para cruzar datos con otras disciplinas, es lo que lo convierte en la herramienta que necesita el BIM para pasar de ser un elemento singular e inconexo, a convertirse en una parte que interactúa y se desarrolla en el entorno para el que se ha ideado [7].

BIM y GIS proceden de dos entornos de trabajo distintos. Por un lado tenemos el BIM que se desarrolla en un entorno 3D paramétrico y que opera a una escala más pequeña que la usada en GIS [8]. El BIM proporciona la geometría, la relación espacial y cantidades de los componentes del edificio y se basa en niveles de desarrollo para su configuración (LoD, acrónimo de Level of Development) [9]. En cambio el GIS se desarrolla principalmente en un entorno en 2D y en los últimos años cada vez podemos encontrar más software en 3D, aunque en un nivel de desarrollo mínimo y con elementos tridimensionales que solo representan la volumetría. El GIS trabaja con datos georreferenciados del mundo real y es por ello que maneja una gran cantidad de información, que se aplican en múltiples disciplinas [8].

Pero estas diferencias no pueden ser motivo para que ambas metodologías trabajen de manera independiente, la gran cantidad de datos que pueden compartir e intercambiar, las convierte en herramientas mucho más versátiles [8]. Sin embargo uno de los mayores problemas que nos encontramos entre BIM y GIS, es su incompatibilidad de formatos. El formato de código abierto IFC (Industry Foundation Classes) y que promueve la sociedad BuildingSmart, es un formato que permite compartir la información del proyecto entre diferentes miembros del equipo y entre sus programas, consiguiendo una mayor interoperabilidad entre diferentes programas BIM [10]. Pero no puede ser leído o interpretado por los programas GIS y eso genera serias dificultades. En el año 2008 se puso en práctica la posibilidad de la creación de archivos IFG (Industry Foundation Geographic) (IFC para GIS) [11], pero tampoco han terminado por resultar todo lo precisos que se esperaba. En la actualidad el formato abierto más estandarizados GML (Geography Markup Language), que para el caso concreto del urbanismo es el CityGML. Y es con el formato que actualmente podemos introducir un edificio realizado en BIM dentro de una trama urbana realizada con GIS [11].

Por todo lo expuesto con anterioridad, es objeto de este trabajo realizar una revisión bibliográfica sobre las investigaciones que relacionan ambos términos y conocer en que investigaciones se encuentran involucrados. También se pretende conocer si estas investigaciones son cada vez mayores o por el contrario están decreciendo y cada vez existe menos interés de la comunidad científica en esta sinergia entre BIM y GIS.

2. METODOLOGÍA

Para la realización de la revisión bibliográfica se ha acudido a tres bases de datos proporcionadas por la Universidad de Granada, que han sido, Web of Science (WOS), IEEE Explorer y Engineering Village (Compendex). La búsqueda realizada en ella se ha basado en la detección y revisión de cada resumen de los artículos, que contenían en el mismo texto las palabras BIM y GIS. Los términos BIM y GIS podían encontrarse tanto en el título, dentro de las palabras claves o en el cuerpo del artículo, estudiando solo los que tienen ambos términos. Por lo tanto quedan excluidos de esta revisión bibliográfica los artículos que no los contengan, al igual que todos los documentos que no fueran catalogadas como artículo, quedando fuera de las mismas las conferencias, libros o artículos no indexados.

Una vez realizada la búsqueda y seleccionados solos artículos que pertenecen al sector AEC, se han obtenido de la base de datos Web of Science 33 artículos que cumplen los parámetros marcados, para Engineering Village han sido 23 artículos de los cuales 10 de ellos coinciden con los obtenidos en la Web of Science. Para la base de datos IEEE Explorer se han obtenido 7 documentos que han quedado todos descartados por quedar catalogados como conferencias.

Además de la búsqueda anteriormente indicada, se ha procedido a realizar una búsqueda independiente de los términos BIM y GIS por separado, para poder categorizarlos en una escala temporal, para ello se ha procedido a utilizar como base de datos la Web of Science y para todos los tipos de documentos que pertenezcan al sector AEC. De esta búsqueda se han obtenido para el término BIM 1186 documentos y para GIS 7419, estos documentos están comprendidos entre 2001 y noviembre de 2015 y pertenecen al sector AEC. La elección de fecha 2001 como acotación de la búsqueda responde a ser la fecha en la que se tiene el primer artículo sobre BIM en la base de datos Web of Science en el sector AEC.

3. RESULTADOS

3.1. BIM Y GIS, TRABAJOS EN PARALELO

Como se ha comentado en el apartado anterior, se plantea conocer el impacto de investigaciones que relacionen la metodología BIM con el GIS y que materias son las que se están estudiando, así como su posible crecimiento. Sin embargo, antes de evaluar los datos desde la perspectiva de la interoperabilidad producida entre ambas metodologías, se va a proceder al análisis del volumen de documentos publicados desde el año 2001, de cada una de las tecnologías de manera independiente.

Para el caso concreto del BIM (Fig.1) podemos apreciar como la cantidad de publicaciones ha crecido de manera exponencial en los últimos 3 años, mostrando que es una metodología más aceptada entre el sector AEC. Uno de los grandes motivos en el desarrollo y la investigación de esta herramienta, es el incipiente interés que muestran no solo las empresas privadas sino también los Gobiernos mediante la implantación de normativas que regulen su uso.

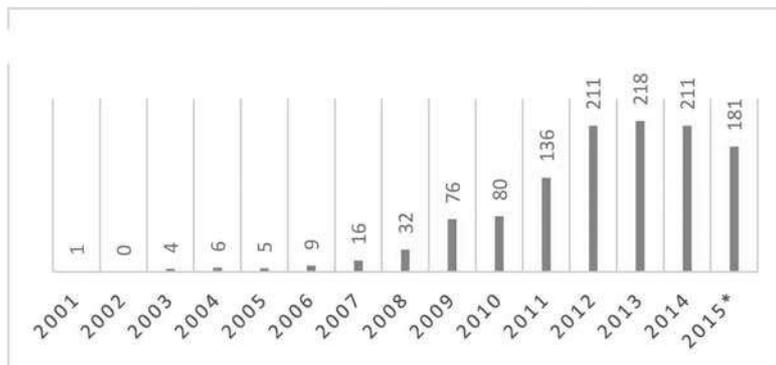


Figura 1. Gráfica número de documentos publicados sobre BIM en WoS

Por otro lado podemos apreciar que para la herramienta GIS (Fig.2), las investigaciones publicadas también han tenido un crecimiento, el cual tuvo un punto de inflexión en el año 2009 con 933 publicaciones solo relacionadas con el sector AEC, pero desde ese año, éstas han ido descendiendo a casi la mitad. Debemos tener en cuenta que a diferencia que en el BIM, el GIS lleva más tiempo implantado en todos los sectores y sus primeras publicaciones registradas en Web of Science corresponde al año 1986, para el sector AEC. Para la figura 1,2 y 3, el dato correspondiente al año 2015, solo tiene en cuenta las publicaciones realizadas hasta el mes de octubre.



Figura 2. Gráfica número de documentos publicados sobre GIS en WoS

3.2. SINERGIA ENTRE LA METODOLOGÍA BIM Y GIS.

Para poder analizar los artículos de investigación que tratan la temática sobre BIM y GIS, debemos tener en cuenta que proceden de dos entornos de trabajo distintos. Por un lado tenemos la metodología BIM, que trabaja en una escala más pequeña y por otro el GIS, [12] que está planteado para grandes superficie, un trabajo a gran escala. El uso de ambas metodologías plantea un trabajo multi-escala, un concepto que hace mención en

la inclusión de un proyecto realizado en BIM dentro un modelo de ciudad gestionada por GIS (CityGML). Este proceso nos permite poder realizar sobre el proyecto BIM, las simulaciones necesarias con los elementos colindantes y que son reflejados mediante GIS en un entorno virtual. Esta colaboración de trabajar en común, se ve reflejado en el crecimiento del número de artículos publicados que abarcan ambas temáticas (fig. 3).

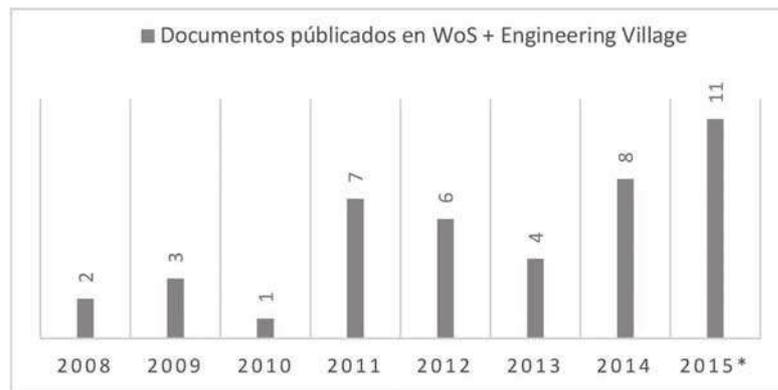


Figura 3. Gráfica número de documentos publicados sobre BIM + GIS en WoS y Engineering Village

El total de artículos asciende a 42, entre los obtenidos de la plataforma Web of Science y Engineering Village (fig. 3). Los cuales abordan diferentes temáticas, que por similitud en sus características se han agrupado en los siguientes campos. El campo mayoritario es el relacionado con el desarrollo computacional, mediante la búsqueda de un software que permita la transversalidad BIM-GIS, seguido en orden de importancia de un bloque referido a control de costes. Con un menor peso tenemos en orden descendente los siguientes bloques, desarrollo de infraestructuras lineales, instalaciones y cálculo energético, situaciones de emergencia, programación y simulación de obras, flujos de trabajo y seguridad y salud en la construcción. Todo ellos quedan agrupados en la tabla 1.

Tabla 1. Listado investigación por temática

Temática	Artículo	Revista	Año	Base de datos
<u>Software para transversalidad BIM-GIS</u>				
	[13]	Computer in Industry	2015	WoS
	[14]	Automation in Construction	2015	WoS
	[15]	Advance in Engineering Software	2015	WoS
	[16]	Journal of Information Technology in Construction	2015	WoS
	[17]	Computer in Industry	2014	WoS
	[18]	Journal of Korea Academic-Industrial cooperation	2014	WoS
	[19]	Computer environments and urban systems	2013	WoS
	[20]	Computer-Aided Design	2012	WoS

Temática	Artículo	Revista	Año	Base de datos
	[21]	Journal of the Korea Society of Survey, Geodesy	2012	WoS
	[22]	Journal of The Urban Design, Institute of Korea	2011	WoS
	[23]	The Geographical Journal of Korea	2010	WoS
	[24]	Journal of the Architectural Institute of Korea	2009	WoS
	[25]	Journal of The Architectural Institute of Korea	2009	WoS
	[26]	Journal of The Architectural Institute of Korea	2008	WoS
	[27]	Building and Environment	2015	EV
	[28]	Automation in Construction	2014	EV
	[29]	Automation in Construction	2010	EV
<u>Control de Costes</u>				
	[30]	Automation in Construction	2015	WoS
	[31]	Automation in Construction	2013	WoS
	[32]	Korean Journal of Construction Engineering and M	2013	WoS
	[33]	Automation in Construction	2011	WoS
	[34]	Journal of Computing in Civil Engineering	2011	WoS
	[35]	Journal of the Architectural Institute of Korea	2009	WoS
	[36]	Engineered Systems	2011	EV
<u>Infraestructuras lineales</u>				
	[12]	Automation in Construction	2015	WoS
	[37]	The Korea Society for Geospatial Information System	2012	WoS
	[38]	Journal of Railway Engineering Society	2015	EV
	[39]	Lecture Notes in Computer Science	2014	EV
	[40]	Journal of Railway Engineering Society	2014	EV
<u>Instalaciones y cálculo energético</u>				
	[41]	Journal of Korean Society of Water and Wastewater	2012	WoS
	[42]	Journal of The Korean Institute of Culture	2011	WoS
	[43]	Environmental Science and Technology	2015	EV
	[44]	Journal of Technology and Design	2015	EV
<u>Situaciones de emergencia</u>				
	[45]	Computers environments and urban systems	2014	WoS
	[46]	ISPRS International Journal of Geo-Information	2012	WoS
	[47]	Building and Environment	2015	EV
<u>Programación y simulación de obras</u>				
	[9]	Automation in Construction	2015	WoS
	[48]	Journal of The Regional association of Architectural	2011	WoS
	[49]	School of Building Construction	2013	EV
<u>Flujo de trabajo</u>				
	[50]	Architectural Design	2014	WoS
	[51]	Computer in Industry	2014	EV
	[52]	ENR (Engineering News-Record)	2012	EV
<u>Seguridad y Salud</u>				
	[53]	International Journal of Project Management	2011	WoS

Analizando los artículos que comparten la temática mayoritaria, que corresponde a la transversalidad de información entre ambas plataformas. Podemos ver que esta temática es una de las barreras a superar y de mayor importancia para conseguir una interoperabilidad entre ambas herramientas. El archivo de formato abierto IFC (Industry Foundation Classes) es el más utilizado en BIM para este tipo de situaciones, pero este archivo no es interpretado por los programas GIS y se convierte en un gran inconveniente [14] [15]. Es por ello que se están realizando diferentes estudios en formato web como alternativa [13], una de estas plataformas es ACTIVE3D [17] donde aúnan ambas metodologías con el fin de realizar una óptima gestión de las instalaciones del edificio existente, utilizando la extensión UIM (Urban Information Modeling).

Pero una vez que se consiga superar la barrera de la transferencia de datos de BIM a GIS, se podrá aplicar de forma directa en diferentes áreas. Las investigaciones estudiadas nos indican su uso desde distintas perspectivas. Una de ellas es el control de costes, realizándose este mediante el control de residuos [30] o el suministro del material a la obra [31]. También desde la perspectiva de la planificación previa mediante la ubicación de las grúas torres en fase de diseño y su simulación con el entorno [49]. Esta planificación e integración con el entorno nos permite comprender que las infraestructuras lineales también puede obtener grandes beneficios de esta interacción [12] [39], y es que la posibilidad de comprender como esa infraestructura va a relacionarse con el entorno puede suponer un gran ahorro de tiempo y recursos [37]. El desarrollo multi-escala es fundamental para este campo de las infraestructuras lineales, y con ello se pretende el poder conocer mediante simulaciones la interacción con los elementos colindantes.

Otros de los estudios que se aprecian son los relacionados con la gestión del edificio, una vez entregada la obra, para poder gestionar el ciclo de vida de la edificación [43]. La gestión de las instalaciones de un hospital o de un centro comercial, puede ser una tarea menos compleja si tenemos el modelo de ese edificio en 3D en su estado real y podemos sin necesidad de realizar ensayos destructivos conocer el recorrido de las instalaciones [44]. Del mismo modo, tal y como sucede con las instalaciones, el poder conocer la composición de un edificio con sus diferentes particiones, ventanas, puertas, o su interacción con los servicios públicos de abastecimiento y con el resto de edificaciones colindantes pueden facilitar el trabajo a los servicios de emergencias [47]. Los diferentes estudios que hablan de esta opción, determinan que el poder tener el edificio en 3D al que se va acudir en caso de incendio y su ubicación en la ciudad mejoran la posibilidad de conocer donde puede ubicarse el camión de bomberos o las ambulancias, previamente a la llegada de los equipos de emergencia [19].

4. CONCLUSIONES

Como hemos podido ver a lo largo de este trabajo, la metodología BIM y GIS de forma independiente llevan ya un tiempo integrados en nuestro trabajo diario. Aunque el BIM es una metodología más novel y que lleva poco tiempo utilizándose, cada vez es más común su uso desde el sector AEC tanto público como privado. El integrar ambas herramientas nos permite la posibilidad de que el modelo realizado en BIM pueda interactuar con el entorno para el que se ha diseñado y poder simular esta interacción previa a la construcción. Las investigaciones más recientes nos indican que la sinergia producida por el BIM y GIS aporta ventajas en el control de costes, programación y

simulación, situaciones de emergencia o el control de las instalaciones y del ciclo de vida del edificio, pero se pueden plantear otras como la creación de un catastro virtual en 3D con el modelo en BIM de las edificaciones que lo componen. Pero para ello se debe superar la barrera principal, que es conseguir la compatibilidad de archivos entre ambas herramientas, un factor clave y que de ello dependerá el futuro de esta unión.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] N. Company, «ALLPLAN,» Nemetschek Company, 2014. [En línea]. Available: <https://www.allplan.com/es/mas/compania/historia.html>. [Último acceso: 22 11 2015].
- [2] P. Prieto Muriel, *Implantación de la metodología BIM en estudios universitarios de Ingeniería y Arquitectura.*, Departamento de Expresión Gráfica en la Ingeniería, Universidad de Extremadura., 2012.
- [3] P. Read, E. Krygiel y J. Vandezande, *Mastering Autodesk Revit Architecture 2013*, Indianapolis: John Wiley & Sons, Inc. , 2012.
- [4] BuildingSMART, «buildingSMART,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.buildingsmart.es/>.
- [5] M. A. Ambrose, «Agent Provocateur - BIM in the Academic Design Studio,» *International Journal of Architecture computing*, pp. 56-66, 2012.
- [6] I. G. Nacional, «IGN,» 2009. [En línea]. Available: <http://www.ign.es/ign/layoutIn/actividades-SistemaInfoGeografica.do>. [Último acceso: 22 11 2015].
- [7] X. Zhang , Y. Arayici, S. Wu, C. Abbott y G. Aouad, «Integrating BIM and GIS for large scale (building) asset management: a critical review,» *School of the Built Environment, University of Salford*, p. 15, 2009.
- [8] L. Van Berlo y R. de Laat, «Integratio of BIM and GIS: The development of the CityGML GeoBIM extensión,» *5th International 3D GeoInfo Conference, November 3-4 2010, Berlín*, p. 17, 2011.
- [9] E. P. Karan y J. Irizarry, «Extending BIM interoperability to preconstruction operations using geospatial analysies and semantic web services,» *Automation in Construction*, p. 12, 2014.
- [10] BuildingSMART, «buildingsmart,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.buildingsmart.org/standards/technical-vision/open-standards-101/>. [Último acceso: 22 11 2015].
- [11] C. Mignard y C. Nicolle, «Mering BIM and GIS using ontologies application to urban facility management in ACTIVE3D,» *Computer in Idustry*, p. 14, 2014.
- [12] A. Borrmann, T. H. Kolbe, A. Donaubauer y H. Stuer, «Multi-Scale Geometric-Semantic Modeling of Shield Tunnels for GIS and BIM Applications,» *Computers-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, p. 18, 2015.
- [13] F. Delgado, R. Martínez, J. Puche y J. Finat, «Towards a client-oriented integration of construction process and building GIS system,» *Computers in Industry*, p. 17, 2015.
- [14] T. W. Kang y C. H. Hong, «A study on software architecture for effective BIM/GIS-based facility management data integration,» *Automation in Construction*, p. 17, 2015.
- [15] R.-P. Mundani, J. Frisch, V. Varduhn y E. Rank, «A sliding window technique for interactive high-performance computing scenarios,» *Advances in Engineering Software*, p. 9, 2015.
- [16] J. C. Cheng, Y. Deng y C. Aumba, «Mapping BIM schema and 3D GIS schema semi-automatically utilizing linguistic and tecte mining techniques,» *Journal of Information Technology Engineering*, p. 19, 2015.
- [17] C. Mignard y C. Nicolle, «Mergning BIM and GIS using ontologies application to urban facility management in ACTIVE3D,» *Computers in Industry*, p. 14, 2014.

- [18] T. W. Kang y C. H. Hong, «Development of the Spatial Indexing Method for Effective Visualization of BIM data based on GIS,» *Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society*, p. 8, 2014.
- [19] U. Isikdag, J. Underwood y G. Aouad, «An Investigation into the applicability of building information models in geospatial environment in support of site selection and fire response management process,» *Advances Engineering Informatics*, p. 15, 2008.
- [20] B. Dominguez, A. García y F. Feito, «Semiautomatic detection of floor topology from CAD architectural drawings,» *Computer-Aided Design*, p. 9, 2012.
- [21] T. W. Kang, «The study related to the meta data for the attribute mapping from IFC to CityGML,» *Journal of the Korean Society of Survey, Geodesy, Photogrametry and Cartography*, p. 8, 2012.
- [22] K. Doo, «Constructing 3D GIS Campus Model with Detailed Building Information,» *Journal of The Urban Design Institute of Korea*, p. 11, 2011.
- [23] O. Chung-Veon, «A Study on Integration Strategy between GIS and BIM,» *The Geographical Journal of Korea*, p. 10, 2010.
- [24] S. Kim, «An IFC Model-Based Spatial Reasoning Platform for Indoor Spatial Awareness,» *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, p. 7, 2009.
- [25] J. Park, «A Study on the Ontology Representation of the IFC based Building Information Model,» *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, p. 7, 2009.
- [26] J. Kim, «A Basic Study on Construction a Data Model for the Interoperability CAAD and GIS,» *Journal of The Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, p. 7, 2008.
- [27] Ö. Göçer, Y. Hua y K. Göçer, «Completing the missing link in building design process: Enhancing post-occupancy evaluation method for effective feedback for building performance,» *Building and Environment*, p. 7, 2015.
- [28] H.-M. Cheng y C.-C. Hou, «Asynchronous online collaboration in BIM generation using hybrid client-server and P2P network,» *Automation in Construction*, p. 13, 2014.
- [29] A. Grillo, G. Jarim y Ricardo, «Value proposition on interoperability of BIM and collaborate working environments,» *Automation in Construction*, p. 8, 2010.
- [30] Z. Liu, M. Osniani, P. Demian y A. Baldwin, «A BIM-aided construction waste minimisation framework,» *Automation in Construction*, p. 24, 2015.
- [31] J. Irizarry, E. Karan y F. Jalaei, «Integrating BIM and GIS to improve the visual monitoring of construction supply chain management,» *Automation in Construction*, p. 13, 2013.
- [32] L. Y. Seob, «Roadway Preliminary Cost Estimation Prototype based on BIM and GIS,» *Korea Journal of Construction Engineering and Management*, p. 7, 2013.
- [33] E. Ellbeldagi y M. Dawood, «Integrated visualized time control system for repetitive construction projects,» *Automation in Construction*, p. 23, 2011.
- [34] V. Bansal, «Use of GIS and Topology in the Identification and Resolution of Space Conflicts,» *Journal of Computing Civil Engineering*, p. 12, 2011.
- [35] B.-J. Ahn, K. Kim, J.-J. Kim y J.-H. Kim, «A Study on the Database Model for Real-Time Space Control,» *Journal of The Architectural Institute of Korea Planning & Design*, p. 7, 2009.
- [36] R. K. Kraling y M. Dunbar, «BIM and educational projects,» *Engineering System*, p. 6, 2011.
- [37] B. K. Min, D. H. Park, J. Y. Gu y K. I. Joon, «A Study on Standardization for Civil-BIM Construction of Harbor Structure based on Geo-Spatial Information Technique,» *The Korea Society for Geospatial Information System*, p. 7, 2012.
- [38] L. Zhao, S.-P. Min y L.-L. Zhao, «Application of BIM Models in detection technology of subgrade compaction,» *Journal of Railway Engineering Society*, p. 5, 2015.
- [39] J. Wang, L. Hou, Y. Chong-Heap y X. Liu, «A cooperative system of GIS and BIM for

- traffic planning: A high-rise building case study,» *Lecture Notes in Computer Science*, p. 7, 2014.
- [40] S.-P. Min y L.-L. Zhao, «The application of 3D GIS technology in the whole life cycle of railway,» *Journal of Railway Engineering Society*, p. 5, 2014.
- [41] L. Hijun-Dong y Y.-S. Oh, «Development of Waterworks Piping MHD Technology for USN Advancement in U-City BIM System,» *Journal of Korean Society of Water and Wastewater*, 2012.
- [42] H. Jun, «A Study on the Utilization Plan of the Space Management System with Location Based Information for University Campus,» *Journal of The Korea Institute of Culture Architecture*, p. 7, 2011.
- [43] S. G. Al-Ghamdi y M. M. Bilec, «Life-cycle thinking and the LEED rating systems: Global perspective on building energy use and environment impacts,» *Environmental Science and Technology*, p. 8, 2015.
- [44] N. Fujiwara, T. Myazaki y K. Nakazawa, «A study on the application to examination of sunshine simulation technique and urban landscape design using BIM and GIS,» *Journal of Technology and Design*, p. 5, 2015.
- [45] L.-C. Chen, C.-H. Wu, T.-S. Shen y C.-C. Chou, «The application of geometric network models and building information models in geospatial environments for fire-fighting simulations,» *Computers environments and Urban System*, p. 12, 2014.
- [46] M. El-Mekawy, A. Ostman y I. Hijazi, «A Unified Building Model for 3D Urban GIS,» *ISPRS International Journal of Geo-Information*, p. 25, 2012.
- [47] H. Tashakkori, A. Rajabifard y M. kalantari, «A new 3D indoor/outdoor spatial model for indoor emergency response facilitation,» *Building and Environment*, p. 12, 2015.
- [48] S.-Y. Lee, «A Study on 3D Database Framework for Landscape Evaluations-Focus on the Terrain Information Model,» *Journal of The Regional association of Architecture Institute of Korea*, p. 7, 2011.
- [49] J. Irizarry y E. Karan, «Optimizing location of tower cranes on construction sites through GIS and BIM integration,» *School of Building Construction*, p. 5, 2013.
- [50] A. Hudson-Smith, «Tracking, Tagging and Scanning the City,» *Architectural Design*, p. 7, 2014.
- [51] X. Wang, P. E. Love, M. J. Kim y W. Wang, «Mutual awareness in collaborative design: An Augmented Reality Integrated,» *Computer Industry*, p. 10, 2014.
- [52] T. Sawyer, «Hot tech topics: ENR readers speak up about info tech in construction,» *ENR (Engineering News-Record)*, 2012.
- [53] V. Bansal, «Application of geographic information systems in construction safety planning,» *International Journal of Project Management*, p. 11, 2011.