

Análisis de los software BIM en el contexto de un concurso internacional

Analysis of BIM Softwares in the Context of an International Contest

José Antonio Lozano-Galant^d, Pablo Bellido-Montesinos^a, Fidel Lozano-Galant^b, Francisco Javier Castilla-Pascual^c

^a Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos – TECYR S.A.

^b Máster BIM y Arquitecto- GmasP, Valencia.

^c Doctor Arquitecto – Universidad de Castilla-La Mancha, Departamento de Ingeniería Civil y la Edificación.

^d Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos – Universidad de Castilla-La Mancha, Departamento de Ingeniería Civil y la Edificación.

Recibido el 30 de mayo de 2019; aceptado el 17 de diciembre de 2020

RESUMEN

Una de las formas más efectivas de fomentar el uso de nuevos enfoques como el BIM consiste en aplicar el Aprendizaje Basado en Proyectos (PBL). Una de las actividades PBL más motivadoras es la participación en concursos BIM. Este trabajo analiza por primera vez los BIM Execution Plans (BEPs) de los proyectos presentados en las ediciones del concurso internacional BIM Valladolid. Mostrando los software más utilizados en cada disciplina, así como su evolución del software utilizado por los equipos en las diferentes ediciones y los diferentes flujos de información entre los software de modelado y análisis estructural de las propuestas.

2022 Asociación Española de Ingeniería Estructural (ACHE). Publicado por Cinter Divulgación Técnica S.L. Licencia de uso *Creative Commons* (CC BY-NC-ND 3.0).

PALABRAS CLAVE: Análisis; BEP; BIM; concurso; software.

ABSTRACT

One of the most effective ways to encourage the use of new approaches like BIM consists on applying Project Based Learning (PBL). BIM contests stands as one of the most encouraging PBL activities. This paper analyses, for the first time, the BEPs of the BIM projects presented in the different calls of the international contest BIM Valladolid. This analysis provides a useful insight about the most common software in each discipline. The evolution of the software of teams throughout time, as well as the information flows between the modelling and the structural analysis software of the proposals are also presented.

2022 Asociación Española de Ingeniería Estructural (ACHE). Published by Cinter Divulgación Técnica S.L. Creative Commons License (CC BY-NC-ND 3.0).

KEYWORDS: Analysis; BEP; BIM; contest; software.

1. INTRODUCCIÓN

Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativo para gestionar digitalmente datos esenciales del proyecto de una estructura a lo largo de su ciclo de vida (Penttilä 2006). Gracias a las ventajas económicas y técnicas que ofrece el BIM, cada vez un mayor número de

países están imponiendo o fomentando su uso en proyectos públicos (Liu *et al.*, 2015).

En estos últimos años, el progresivo desarrollo de hardware ha propiciado un creciente interés por la metodología BIM. Sin embargo, aún existen problemas tecnológicos que dificultan la implementación del BIM en un sector tan multidisciplinar como el de la construcción. Entre estos problemas destaca el

* Persona de contacto / *Corresponding author*.
Correo-e / email: joseantonio.lozano@uclm.es (José Antonio Lozano-Galant).

desarrollo de flujos de trabajo adecuados, que permitan una óptima comunicación e interacción entre los agentes del proyecto. Estos flujos de trabajo dependen, en gran medida, de la capacidad de transferir adecuadamente la información entre las distintas disciplinas, es decir, de un software a otro.

Según numerosos investigadores (ver, por ejemplo, Sacks y Barak 2010 y Becerick *et al.*, 2010), la formación en BIM son esenciales para impulsar no solo la implementación de esta metodología, sino también la evolución de la industria de la construcción. Esta formación debe abarcar tanto los fundamentos metodológicos del BIM como el desarrollo de nuevas habilidades y conocimientos técnicos. En los últimos años, se han llevado a cabo numerosas iniciativas para introducir el BIM en los diferentes sectores de la industria de la construcción. Algunos ejemplos de estas actividades son: encuestas, conferencias y seminarios en foros técnicos, estudios de casos (por ejemplo, Barlish y Sullivan 2012), así como manuales de estandarización o implementación (por ejemplo, Eastman *et al.*, 2011).

Una de las formas más efectivas para fomentar el uso de nuevas metodologías como el BIM, consiste en aplicar el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) (Wu y Hyatt 2016). De acuerdo con esta metodología, los aprendices, organizados en equipos de trabajo, pueden desarrollar sus conocimientos y habilidades resolviendo un desafío realista. Es decir, aprenden haciendo (López-Querol *et al.*, 2015). De esta manera, los miembros del equipo pueden tomar un descanso de sus proyectos diarios para experimentar e investigar sin restricciones y ni fechas límite. Algunas de las actividades más comunes basadas en la metodología ABP son: (1) Premios BIM, donde las empresas y/o grupos de profesionales pueden presentar modelos BIM realizados con software como Autodesk (2017) o Tekla (2017). Por lo general, este tipo de desafíos es completamente abierto, por lo que, los equipos tienden a enviar trabajos realizados con anterioridad para otros proyectos. Por este motivo las propuestas son totalmente diferentes, lo que dificulta su comparación. (2) Concursos BIM, donde se propone la resolución de un desafío (como el diseño de un edificio (BIM Valladolid (BIMTecnía 2018)), Concurso de Diseño de Refugios Temporales para Catástrofes (Phillipp 2015), el diseño de un proceso de construcción (Passive House 2016), o la urbanización de un espacio urbano (BIM Concours 2016) utilizando metodología BIM. El formato de este tipo de actividades presenta la ventaja adicional de potenciar la experimentación de los grupos de trabajo. Por ejemplo, en la mayoría de los concursos se valora positivamente que los equipos sean capaces de resolver problemas de interoperabilidad entre software de diferentes compañías. Otra ventaja de este modelo de concurso es que todos los equipos trabajan sobre el mismo problema, lo que facilita tanto el análisis de las propuestas como su comparación. En este sentido, el análisis de los *BIM Execution Plan* (BEP) podría servir para obtener numerosa información referente a los software o los flujos de información más utilizados en cada disciplina.

A pesar del interés y la utilidad de este tipo de resultados, no se ha llevado a cabo ningún análisis de los resultados de las propuestas enviadas a un concurso internacional BIM. Para suplir esta carencia en la literatura, este trabajo analiza, por primera vez, los BEPs de todos los proyectos presentados en tres ediciones (2014, 2015 y 2016) del concurso internacio-

nal BIM (concurso BIMValladolid en España). Este análisis proporciona información útil sobre el software utilizado en las principales disciplinas (arquitectura, estructuras, análisis energético, mediciones y presupuestos, planificación y gestión de costes), así como los flujos de trabajo de información más comunes. Analizar distintas ediciones ha permitido mostrar cómo la metodología BIM se ha instalado progresivamente en las rutinas de trabajo de los profesionales del sector.

La metodología empleada para la redacción del siguiente documento fue la siguiente: análisis pormenorizado de los *Building Execution Plans* (BEPs) del concurso BIM Valladolid en las ediciones correspondientes a los años 2014, 2015 y 2016. También se revisan los desafíos y los premios propuestos en las tres ediciones. Analizando el software utilizado en las principales disciplinas (específicamente arquitectura, análisis estructural, eficiencia energética, mediciones y presupuestos), profundizando en el análisis de los flujos de información entre las disciplinas de arquitectura y análisis.

2. CONCURSO BIM VALLADOLID

El BIM Valladolid (BIMVa) es un concurso internacional que se celebra anualmente en la ciudad de Valladolid, con la colaboración del Excmo. Ayuntamiento de Valladolid, la Junta de Castilla y León y los colegios profesionales de Arquitectos y Arquitectos Técnicos de Castilla y León. Este concurso fue creado por un grupo de profesionales del sector de la construcción con el objetivo de promover el uso y la implementación de la metodología BIM en el diseño y gestión de proyectos arquitectónicos. Para ello, en cada edición se plantea un caso real de estudio a resolver por equipos con metodología BIM. A diferencia de otras competiciones, el jurado valora especialmente la experimentación en la interoperabilidad entre software. Desde su creación en 2014, han participado un total de 34 equipos constituidos por participantes de diferentes países (como son España, Italia, Alemania, Reino Unido y Panamá). El número de integrantes de cada equipo varía desde los 5 hasta los 25 miembros por equipo.

El concurso BIMVa se enmarca dentro del Congreso Internacional BIMTecnía (2017), celebrado también anualmente en Valladolid. Los principales objetivos de este congreso son: (1) Evaluar el grado de madurez del uso del BIM en España. (2) Permitir que los profesionales con menos experiencia, especialmente los jóvenes, participen en talleres y seminarios web para conocer las herramientas BIM. (3) Mostrar el estado del arte actual en la implementación del BIM en el sector de la construcción. Es en este punto donde se enmarca el concurso BIMVa.

A continuación, se describen las principales características de las tres ediciones del concurso analizadas (2014, 2015 y 2016).

2.1 Evolución de los retos propuestos en las distintas ediciones del BIMVa.

El reto propuesto en cada una de las ediciones del concurso BIMVa ha ido evolucionando a lo largo de las diferentes edi-

ciones. Su primera edición fue en 2014. En este desafío, los equipos tuvieron que diseñar un centro cívico ubicado en el barrio de La Victoria en Valladolid (España). El proyecto de partida es diseño del arquitecto español Pablo Gigosos y cuenta con una superficie construida de 2854 m². Los equipos tenían libertad para mejorar ligeramente el diseño inicial, modificando la composición del edificio y los materiales de su fachada. Sin embargo, tenían que respetar las características funcionales. Todos los equipos recibieron un archivo *.DWG con el diseño inicial del edificio. Este archivo incluía los planos en planta, los alzados y las secciones necesarias para definir el edificio propuesto. También se les entregó una breve memoria descriptiva y la descripción de los entregables. Para preparar el concurso, los equipos pudieron asistir a una serie de seminarios web gratuitos, y dispusieron también de licencias temporales de los siguientes softwares: Presto, Aconex, Solibri y Lumion. Para elaborar sus propuestas, los equipos contaban con 100 horas ininterrumpidas. Estas propuestas debían presentar los modelos desarrollados en IFC, una memoria que incluyera la explicación de los cálculos y análisis realizados, así como los BEPs. Los premios incluyeron dinero en metálico (2000 €, 1000 € y 600 €, para los tres primeros equipos), así como licencias permanentes de los software patrocinadores (Lumion). El ganador de esta edición fue el equipo Total BIM Consulting. En 2015, nuevamente se retó a los equipos a trabajar con un centro cívico. La principal diferencia con la edición anterior fue que en esta ocasión el edificio ya estaba construido. Por esa razón, el enfoque fue ligeramente diferente, ya que los equipos deberían centrarse en desarrollar un sistema de gestión para el edificio. La estructura propuesta tenía una superficie construida de 2000 m² y estaba ubicada en el barrio de Parquesol en Valladolid. Los equipos recibieron la misma información y debían presentar los mismos entregables que en la edición anterior. El tiempo de trabajo fue de nuevo 100 horas ininterrumpidas. Los premios también fueron similares a la edición anterior, aunque los premios en metálico se incrementaron a 3000 €, 2000 € y 1000 €, respectivamente. Además, Knauf Company ofreció un premio adicional de 500 € para el equipo que mejor uso hiciera de sus productos. El ganador de la edición de 2015 fue el equipo BIM Levante.

En 2016, el reto propuesto cambió significativamente con respecto a las ediciones anteriores. En primer lugar, en esta edición se planteó un centro de salud en vez de un centro cívico. En segundo lugar, no se propuso ningún diseño arquitectónico de partida, al recibir únicamente el programa funcional del edificio. Como consecuencia los equipos empezaron sus propuestas esbozando un diseño arquitectónico. Los entregables fueron similares a los exigidos en ediciones anteriores, pero en esta ocasión, el tiempo se extendió a 150 horas ininterrumpidas. En esta edición, se añade como novedad la propuesta de firmar un contrato con el equipo ganador para materializar el proyecto real del edificio empleando metodología BIM. Los premios fueron los mismos que en la edición 2015 del concurso. El ganador del mismo, fue el equipo de la UPC School.

3.

ANÁLISIS DE LAS PROPUESTAS PRESENTADAS EN EL BIMVA

Para estudiar las propuestas presentadas en las tres ediciones (2014, 2015 y 2016) del concurso BIMVa, se analizaron los BEPs presentados por los diferentes equipos. Esta información fue proporcionada por la dirección del BIMVa y se completó con consultas puntuales a los miembros de los diferentes equipos por correo electrónico.

En esta sección se analiza: (1) Software por disciplinas: Este análisis permite la identificación y evolución en el uso de las diferentes herramientas BIM utilizadas en cada disciplina. (2) Flujo de información entre disciplinas: Este estudio analiza el flujo de información entre las disciplinas de todos los equipos participantes. Para mostrar los resultados, únicamente se presenta el intercambio de información entre las disciplinas de arquitectura y análisis estructural.

3.1 Software por disciplinas

En esta sección se estudian los software utilizados en las siguientes disciplinas: (1) Arquitectura: Creación de la geometría del edificio e introducción de los elementos arquitectónicos. (2) Análisis estructural: Análisis del comportamiento de los elementos estructurales. (3) Eficiencia energética: Análisis del comportamiento energético del edificio y de sus elementos. (4) Mediciones y presupuesto: Estudio de las mediciones y la estimación del coste de las unidades del proyecto. (5) Planificación y gestión de costes:

En las siguientes figuras (1-5) se representa el porcentaje de software usado en las tres ediciones del concurso para cada una de las disciplinas. En estas figuras, los porcentajes por año se han obtenido dividiendo el número de equipos que utilizaron el software ese año por el sumatorio de todos los software utilizados ese año en la disciplina.

La figura 1 analiza el software usado en arquitectura en 2014 (figura 1.A), 2015 (figura 1.B) y 2016 (figura 1.C). El análisis de esta figura ilustra que Autodesk (Revit y Autocad) es el software más común en esta disciplina. La combinación de ambos software muestra también cómo los profesionales usan su experiencia previa (Autocad) para evolucionar secuencialmente hacia la metodología BIM (Revit). De hecho, a través de las tres de las ediciones del concurso, el uso de Autocad se ha ido reduciendo en la medida que aumentaba el uso de Revit. El porcentaje de uso del software de Autodesk se ha reducido del 52.63% en 2014 al 42.86% en 2016. Esta tendencia se explica por el aumento del número de software utilizado en las diferentes ediciones, pasando de 6 (Revit y Autocad, Aecosim, Allplan, Archicad, Building Design y Skechup) en 2014 a 10 (Revit y Autocad, Aecosim, Allplan, Archicad, Sketchup, Building design, Grasshopper, Dynamo y Rinocheros) en 2016. El segundo software de arquitectura más usado es Archicad. Este software ha pasado del 10.53% en 2014 al 14.29% en 2016.

La figura 2 analiza el software usado en análisis estructural en 2014 (figura 2A), 2015 (figura 2B) y 2016 (figura 2C). Esta figura ilustra cómo el número de software utilizado en esta disciplina es significativamente más bajo que en arquitectura. De hecho, en las tres ediciones únicamente

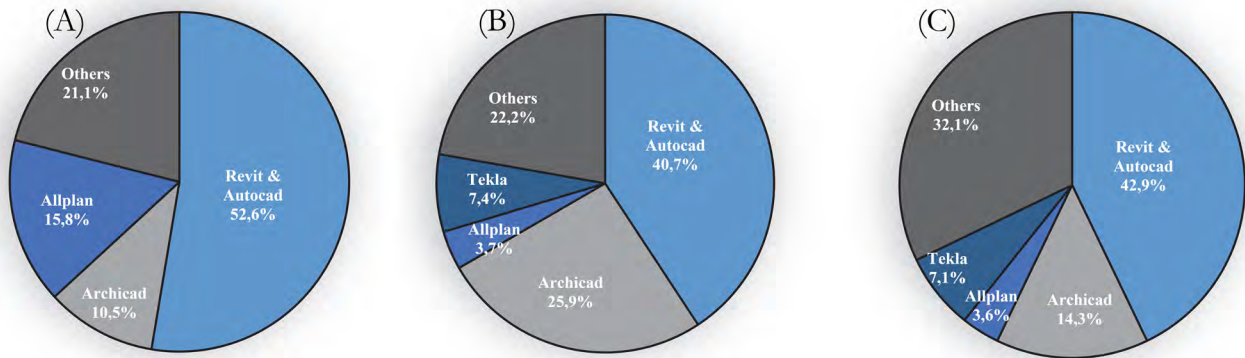


Figura 1: Porcentaje de software usado en la disciplina de arquitectura en los años 2014 (A), 2015 (B) y 2016 (C).

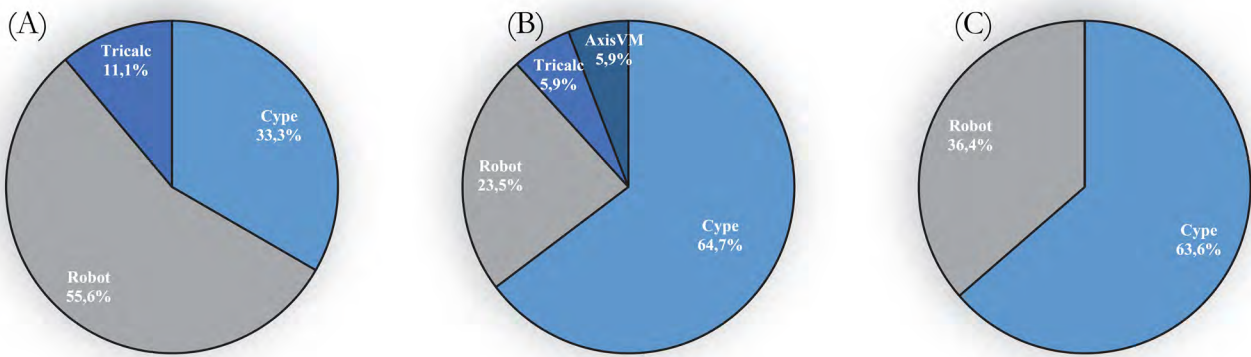


Figura 2. Porcentaje de software usado para disciplina de análisis de estructuras en 2014 (A), 2015 (B) y 2016 (C).

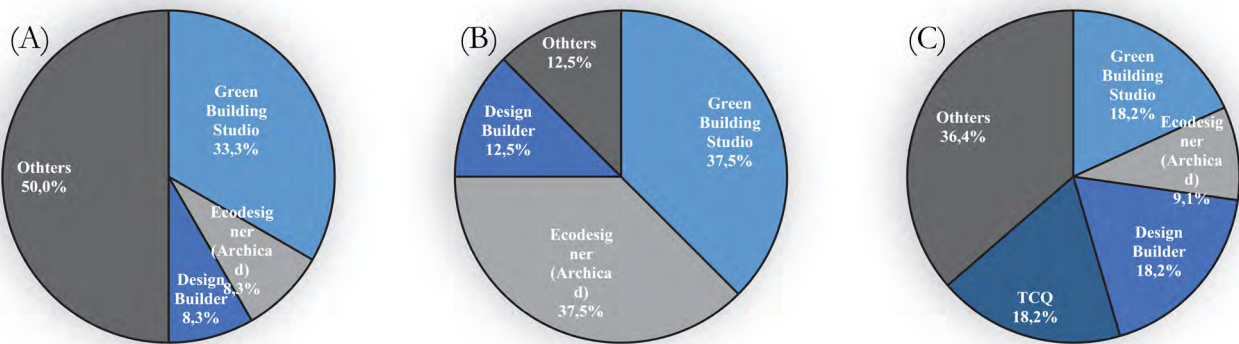


Figura 3: Porcentaje de software usado en la disciplina de eficiencia energética en los años 2014 (A), 2015 (B) y 2016 (C).

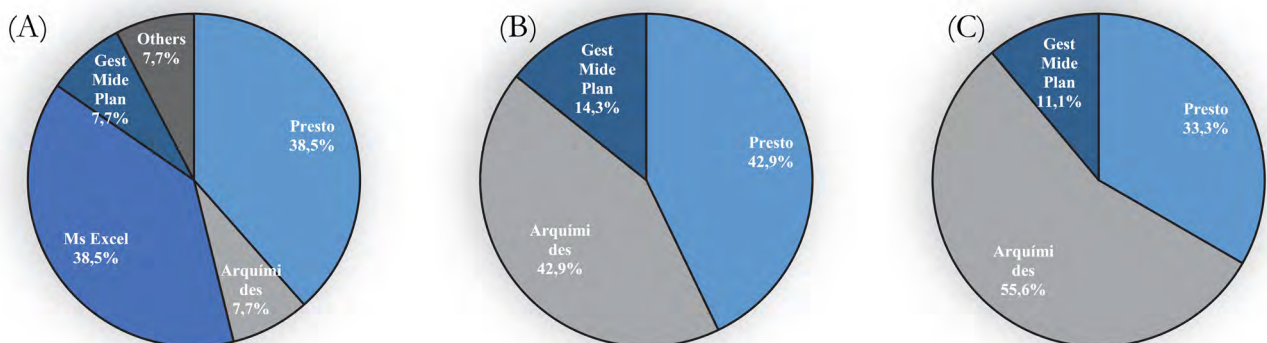


Figura 4. Porcentaje de software usado en la disciplina de mediciones y presupuestos en los años 2014 (A), 2015 (B) y 2016 (C).

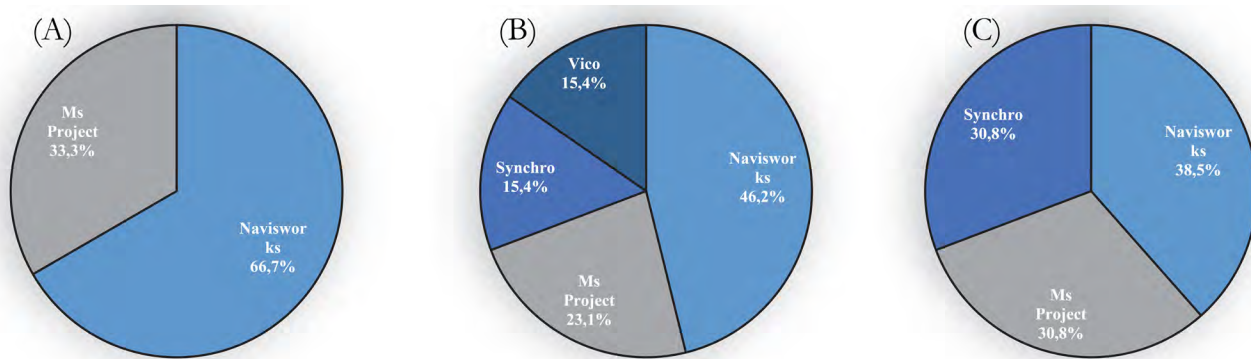


Figura 5: Porcentaje de software usado en la disciplina de planificación y control de obra en los años 2014 (A), 2015 (B) y 2016 (C).

se han utilizado 4 programas (Tricalc, Robot, Cype y Axis VM). Entre estos programas, el más usado es Cype, con un porcentaje de uso que va del 33.33% en 2014 al 64.71% en 2015. El uso de este software ilustra la popularidad y consolidación de este software en el mercado español. Segundo software más popular es Robot., cuyo uso ha disminuido del 55.56% en 2014 al 36.36% en 2016. Se observa una tendencia a reducir el número de software utilizado en ediciones sucesivas del concurso. De hecho, en la última edición, los equipos utilizaron solo dos software, Cype (63.64%) y Robot (36.36%). Este hecho se puede explicar por la versatilidad del software para realizar simulaciones estructurales y planos de ejecución y exportar las mediciones de los elementos estructurales analizados.

La figura 3 analiza el software usado en eficiencia energética en 2014 (figura 3A), 2015 (figura 3B) y 2016 (figura 3C). Más allá del uso de las herramientas de análisis de eficiencia energética asociadas a softwares de arquitectura (REVIT-GBS y ARCHICAD-Eco), Designbuilder es la más usada para esta tarea. En 2014 y 2015 su porcentaje de uso es más bajo, pero en 2016, los porcentajes se equiparan, GBS (18.18%), Designbuilder (18.18%), TCQ (18.18%) y Ecodesigner (9.09%). Las otras herramientas utilizadas en 2014 son Allplan y Vasari, la primera ha desaparecido (como se muestra en la figura 3) entre las herramientas de diseño arquitectónico preferidas, y Vasari ya no es una opción comercial, ya que se integró en el paquete de Autodesk. Por otro lado, las herramientas de certificación energética como HULC, se han ido introduciendo cada vez más en el flujo de trabajo de análisis de eficiencia energética, especialmente en 2016, ya que este concepto está tomando cada vez más relevancia en el contexto del sector de la construcción. Finalmente, la aparición de TCQ está ligada a la tarea específica de evaluar el consumo de energía durante el proceso de construcción, que también es un concepto más reciente y tiene el principal objetivo de buscar una mayor sostenibilidad ambiental.

La figura 4 analiza el software usado en mediciones y presupuestos en 2014 (figura 4.A), 2015 (figura 4.B) y 2016 (figura 4.C). Esta figura muestra cómo el número de software usado se ha reducido a lo largo de las ediciones del concurso, pasando de 5 en 2014 (Medit, Ms Excel, Presto, Gest Mide Plan y Arquímedes) a solo 3 (Presto, Gest Mide Plan y Arquímedes) en 2015 y 2016. Cabe destacar que en la primera edición los profesionales utilizaron hojas de cálculo

de MS Excel. El uso de este programa ilustra cómo en ese momento seguían usando el software tradicional para realizar los presupuestos de sus proyectos. Desde 2015 se puede apreciar una evolución en el uso del software, al no utilizar ningún equipo MS Excel en sus propuestas. La figura 4 también muestra que el uso de Arquímedes ha aumentado significativamente pasando del 7.69% en 2014 al 55.56% en 2016. Este incremento de popularidad se puede explicar por su buena conectividad con el software de análisis estructural Cype al pertenecer ambos a la misma compañía.

La figura 5 analiza el software usado en planificación y control de obra en 2014 (figura 5.A), 2015 (figura 5.B) y 2016 (figura 5.C). Estas figuras muestran que el software más usado en esta disciplina es Navisworks. Sin embargo, su uso ha disminuido del 66.67% en 2014 al 38.46% en 2016. Este hecho puede explicarse por el incremento del uso de la principal alternativa: MS Project, así como por el uso de software que patrocina el concurso. Este es el caso de Synchro, que aumentó su uso en 2015 del 15.38% al 30.77% en 2016.

3.2 Flujos de trabajo entre la disciplina arquitectura y análisis estructural

En esta sección se analizan los flujos de trabajo entre las disciplinas de arquitectura y análisis estructural. Las representaciones gráficas de estos flujos de trabajo se presentan en las figuras 6 (2014), 7 (2015) y 8 (2016). Los diferentes programas se representan con sus logotipos correspondientes. Las flechas se utilizan para representar la dirección del flujo de información. Estas flechas pueden estar en una dirección (desde arquitectura hasta análisis estructural o desde análisis estructural hasta arquitectura) o en ambas direcciones (en los casos en que los flujos de trabajo entre disciplinas son bidireccionales). Estas cifras también incluyen el porcentaje de uso de cada flujo de trabajo. Obviamente, cuanto mayor sea el porcentaje, mayor será el uso de ese flujo de trabajo por parte de los equipos que compiten en la edición analizada.

IFC 2x3 es el tipo de archivo de intercambio de flujos de trabajo más usado, a excepción de los softwares que pertenecen a la misma empresa, que su intercambio se produce en formatos nativos (por ejemplo, Revit y Robot), ambos pertenecen a Autodesk. Este flujo de trabajo, usando formatos de archivos nativos, tiene mayor interoperabilidad que mediante IFC.

La **figura 6** muestra que en 2014 Revit se usó principalmente para modelar y posteriormente exportar la estructura a Robot (54.60%) y una vez calculada la estructura se exportó de nuevo desde Robot a Revit (flujo bidireccional). Algunos equipos (4.60%) también hicieron esta conexión de Revit a Robot indirectamente a través de Autocad. Además, Revit también se conectó con Cype bidireccionalmente (9.10%). Allplan fue el otro software de arquitectura utilizado para conectar con el análisis estructural. Este software se usó de forma bidireccional a Cype (18.20%) y al software Arktec Tricalc (9.10%).

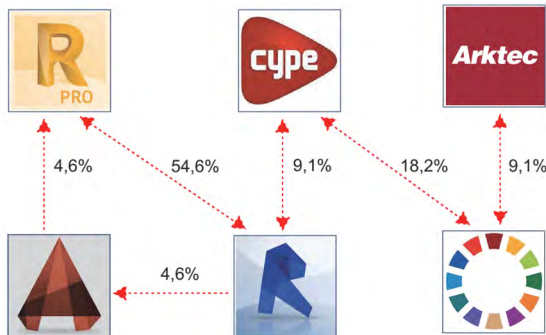


Figura 6. Flujos de trabajo entre Arquitectura y Análisis estructural en 2014.

La **figura 7** muestra que en 2015 Revit fue nuevamente el software de arquitectura más usado para el intercambio de información entre arquitectura y análisis estructural. A diferencia del año anterior, la conexión más habitual de Revit es con Cype (40.00%) y la conexión con Robot solo representó el 26.70%. El segundo software de arquitectura más popular es Archicad y se conecta principalmente a Cype (26.70%). Finalmente, Tekla también está conectado de forma bidireccional a Cype (6.70%).

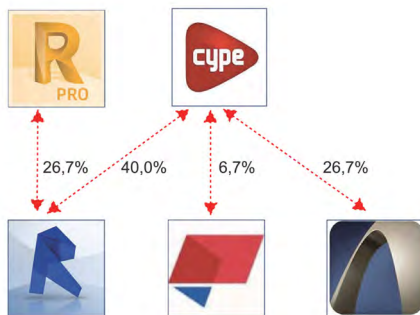


Figura 7. Flujos de trabajo entre Arquitectura y Análisis estructural en 2015.

La **figura 8** muestra que en 2016 la mayoría del software de análisis estructural recibió la información de Revit. Al igual que en la edición anterior, la conexión más común de este software fue con Cype (42.90%) seguido de cerca por

Robot (35.7%). Un equipo (2.4%) también realizó diseños paramétricos con Rhinoceros que analizaron posteriormente con Robot, transfiriendo la información a través de Autocad. Finalmente, el otro software de modelado utilizado fue Archicad conectado con Cype (14.30%).

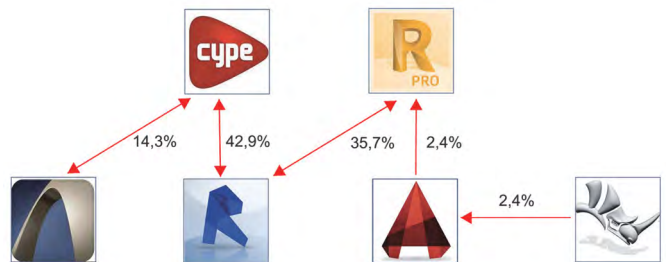


Figura 8. Flujos de trabajo entre Arquitectura y Análisis estructural en 2016.

4. CONCLUSIONES

Con el fin de fomentar el uso del *Building Information Modeling* (BIM) entre empresas y universidades, se han llevado numerosas actividades, entre las destacan aquellas basadas en una metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) que permite experimentar las ventajas de usar esta nueva metodología, mediante su experiencia personal. Una de las actividades de ABP más alentadoras son los concursos BIM, donde diferentes equipos han de resolver un mismo desafío con su propia metodología en el mismo tiempo de trabajo.

Este trabajo analiza los *Building Execution Plans* (BEPs) de los proyectos BIM presentados en tres ediciones diferentes (2014, 2015 y 2016) del concurso internacional BIM (BIM Valladolid en España). Este análisis proporciona una visión útil sobre los siguientes temas: (1) Software utilizado en las principales disciplinas: arquitectura, análisis estructural, eficiencia energética, mediciones y presupuesto, planificación y control de obras. Los resultados obtenidos muestran que en algunas disciplinas (como arquitectura) las empresas tendieron a aumentar el número de software utilizado en las ediciones del concurso. El software de arquitectura más popular fue Revit y su uso se combina conjuntamente con Autocad. El uso de este último software muestra cómo las empresas han ido evolucionando desde su metodología pre-BIM. En la disciplina de Análisis estructural, el número de software empleado, se ha reducido sucesivamente a lo largo de las ediciones del concurso. De hecho, las empresas tienden a usar solo dos software; Cype y/o Robot. Con respecto a la disciplina de Eficiencia Energética, el uso de software específico como Designbuilder se está haciendo cada vez más popular, ya que la interoperabilidad con el software de arquitectura está ganando solidez. TCQ parece ser una opción de uso creciente para la cuantificación del consumo de energía durante la fase de ejecución, aunque resulta de mayor interés combinando su uso para otras disciplinas. En la disciplina de mediciones y presupuesto, el software de Arquímedes está ganando po-

pularidad debido a su buena conexión con el software Cype, cuyo uso está bien establecido en España. El análisis de esta disciplina también muestra cómo en el primer concurso, los participantes de la edición combinaron el software BIM con el uso de hojas de Microsoft Excel. El hecho de que este software haya dejado de usarse en ediciones posteriores, muestra cómo las empresas han evolucionado hacia el uso de software BIM específico. En la disciplina de planificación y control de ejecución de obra, Microsoft Project y Navisworks son con diferencia los software más usados. (2) Flujos de trabajo de información entre las disciplinas de arquitectura y análisis estructural. Esta comparación muestra que la conexión más común entre estas disciplinas es entre Revit y Cype. A lo largo de las diferentes ediciones, la cantidad de conexiones ha aumentado significativamente.

Es importante resaltar que las conclusiones obtenidas en referencia al uso del software se enmarcan en las características particulares de los enunciados propuestos en el concurso analizado y en el software previamente adquirido por las empresas. Los concursos BIM también pueden verse como una buena oportunidad para que las empresas experimenten con nuevos software. Por esa razón, las compañías de software patrocinadoras de este tipo de eventos intentan alentar el uso de sus productos proporcionando a los participantes tutoriales gratuitos y versiones de prueba.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la organización del concurso BIM de Valladolid, especialmente a J. E. Nogués y J. Alonso por la información proporcionada para el análisis de los BEPs. También se agradece la financiación de la Beca de Pablo Bellido por parte del Instituto Enrique Castillo (UCLM), la beca del Vicerrector de Docencia de la UCLM por participar en concursos internacionales y el proyecto de investigación BIA2017-86811-C2-2-R del Ministerio español de Economía, Industria y Competitividad, financiado con fondos FEDER y dirigido por José Antonio Lozano-Galant.

Referencias

- [1] Otsuka, K., Wayman C.M. (1988) *Shape Memory Materials*, Cambridge University Press, United Kingdom.
- [1] AUTODESK (2017). <<https://www.autodesk.com/hk/bimawards>> [Consulta: 14 de diciembre de 2017].
- [2] Azahar, S. (2009) Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry, *Leadership and Management in Engineering*, 11 (3), 241-252.
- [3] Barlish K. and Sullivan, K. (2012) How to measure the benefits of BIM—a case study approach, *Automation in construction*, 24, 149-159.
- [4] Becerik-Gerber, B. and Kensek, K. (2010) Building Information Modeling in Architecture, Engineering, and Construction: Emerging Research Directions and Trends, *Journal of Professional issues in Engineering Education and Practice*, 136(3), 139-147.
- [5] BIMCONTEST. BIM Concours.<<https://bimcontest.com/>> [Consulta: 7 de febrero de 2018]
- [6] BIMTECNIA. Congreso sobre metodología BIM. <<http://www.bimtecnia.com/>> [Consulta: 7 de febrero de 2018]
- [7] Bellido, P. (2017) *Study of the information flow using BIM tools: Experience of the team C-BIM UCLM*, Trabajo Fin de Master, Universidad de Castilla-La Mancha.
- [8] Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, K. (2011) *BIM Handbook, A guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Constructors*, (2nd Ed) Wiley.
- [9] Penttila, H. (2006), Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression, ITCON 11 (Special Issue The Effects of CAD on Building Form and Design Quality), 395-408
- [10] Liu, S., Xie, B, Tivendal, L. and Liu, C. (2015) The Driving Force of Government in Promoting BIM Implementation, *Journal of Management and Sustainability*, 5(4), 154-164.
- [11] Lopez-Querol, S. Sanchez-Cambronero, S., Rivas, A. Garmendia, M. (2015) Improving Civil Engineering Education: Transportation Geotechnics Taught through Project-Based Learning methodologies, *Journal of Professional issues in Engineering Education and Practice*, 141(1), 1-7.
- [12] Passivehouse. (2018) BIM Passive House international contest. <https://passivehouseinternational.org/index.php?page_id=76&y=2015> [Consulta: 7 de febrero de 2018]
- [13] Philipp, N.H, (2015). Utilizing BIM in a design build competition program, *ASCE Annual Conference and Exposition*, Washington United States.
- [14] Pont, U. et al., (2016) Effort and Effectiveness Considerations in Architectural Design: Two Case Studies of Architectural Design Studios, *Applied Mechanics and Materials*, 824, 836-844.
- [15] Sacks, R. Barak R. (2010) Teaching Building Information Modeling as an Integral Part of Freshman Year Civil Engineering Education, *Journal of Professional issues in Engineering Education and Practice*, 136(1), 30-38.
- [16] Smith, P. (2014) BIM Implementation – Global Strategies, *Procedia Engineering*, 85, 482-492.
- [17] Succar, B. (2009) Building Information Modelling Formwork: a research and delivery foundation for industry stakeholders, *Automation in Construction*, 18(3), 357-375.
- [18] Teicholz, P. (2013) BIM for facility managers, IFMA Foundation.
- [19] Tekla (2017). <<https://www.tekla.com/bim-awards>> [Consulta: 14 de diciembre de 2017]. WU, W. HYATT, B. (2016) Experimental and Project-Based Learning in BIM for sustainable living with tiny solar houses. *Procedia Engineering*, 145, 579-586.