



TRABAJO FIN DE MÁSTER
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INVESTIGACIÓN (MUI) en INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Especialidad en Ingenierías Gráfica y de la Construcción
Centro Universitario de Mérida
Universidad de Extremadura
PROFESOR: D. Antonio Manuel Reyes Rodríguez
Departamento: Expresión Gráfica en la Ingeniería

Implantación de la tecnología BIM en estudios universitarios de Arquitectura e Ingeniería

Paloma Prieto Muriel^a

^aAlumna de MUI Arquitectura e Ingeniería, Especialidad Ingenierías Gráfica y de la Construcción
anprmu04@alumnos.unex.es.

Resumen

Este trabajo trata de exponer la situación actual del sector de la construcción en España, más concretamente en relación al desarrollo y gestión de proyectos, tanto en ingeniería como en arquitectura, respecto de la metodología BIM (Building Information Modeling) de sus siglas en inglés Modelo de Información del Edificio/Construcción. Haciendo una pequeña descripción de la misma, valorando sus ventajas, deficiencias y recomendaciones de uso.

Hoy en día la demanda de profesionales cualificados para llevar a cabo proyectos de gran envergadura, en los que se aplica principalmente prácticas como entrega integrada del proyecto (IPD, integrated project delivered) y/o "Lean Construction" (Construcción sin Pérdidas) y software de última generación, es un número de gran relevancia. Para llevar a cabo de manera correcta, este tipo de metodologías es fundamental que la información de la que disponen todos los actores que intervienen en el proceso constructivo sea consistente, coherente y se actualice de forma inmediata para evitar errores o duplicidad de trabajo, favoreciendo así la comunicación entre los mismos, es por esto que muchas empresas del sector, en otros países, hayan implantado la metodología BIM en su proceso productivo, quedando el software CAD relegado a un segundo plano.

Se realiza una revisión bibliográfica, de donde se extraen datos de las investigaciones realizadas en otros países que avalan este cambio de paradigma. Mostrando la relevancia que está tomando el empleo de esta metodología en el sector AEC (Arquitecture, Engineering, Construction) y la necesidad que está llevando a su fuerte desarrollo e implantación fuera de nuestras fronteras. Tanto desde el punto de vista constructivo como pedagógico. Así pues, gobiernos y universidades de otros países ya apuestan por la integración y formación de profesionales en esta materia.

Se presentan aquí los resultados obtenidos de una encuesta pública difundida a través de internet, empleando herramientas actuales como son las redes sociales, mails, páginas web, blogs. Mediante la realización de dicha encuesta se pretende arrojar algo de luz en las siguientes cuestiones referentes a la metodología BIM en España: grado de desconocimiento, momento de implantación en que nos encontramos, la necesidad que existe de que esto ocurra y los motivos por los cuales no ocurre.

Palabras clave: BIM, construcción, arquitectura, ingeniería, diseño asistido por ordenador, enseñanza universitaria

1. Introducción

En plena revolución tecnológica sufrida desde hace unos años por toda la sociedad, es el sector de la construcción uno de los sectores más conservadores a nivel tecnológico, si bien se cuenta con herramientas del siglo XXI que favorecen y facilitan muchas de las tareas realizadas, en este sector se sigue trabajando de manera tradicional.

Después de varios meses recopilando información sobre BIM (Building Information Modeling) para la realización de este trabajo de investigación, queda muy claro hacia dónde va el futuro, en muchos países ya es presente, de la industria AEC (Architecture Engineering and Construction).

La evolución lógica, de CAD (Computer aided design) a BIM, debe ocurrir, no sólo como herramienta de diseño tridimensional sino como método de trabajo en el cual la información confluye en un modelo de datos, que permite una coordinación eficiente entre las partes involucradas en el proceso de diseño, construcción y gestión de proyectos. Esta evolución es lógica porque con las herramientas y metodologías de trabajo que se emplean actualmente en el sector de la construcción en España, no se puede hacer frente a las exigencias de un mercado en el que la producción de edificios y los tiempos de desarrollo de los proyectos son cada vez más escasos, demandando a su vez una mayor eficiencia productiva en las etapas de diseño y construcción. Es a la luz de la revolución tecnológica que ha transformado la sociedad actual, que resulta imperativo el desarrollo y aplicación de modelos de producción que promuevan el trabajo multidisciplinario y colaborativo entre todos los actores involucrados en el proceso de construcción.

Muchas son las ventajas que la metodología BIM aporta a la industria AEC, desde su implantación en los estudios universitarios hasta su práctica profesional. Se han realizado diversos estudios en diferentes países del mundo (EE.UU, China, Reino Unido,...) que revelan los beneficios que supone el diseño, desarrollo y construcción de proyectos mediante BIM. Sin embargo, en España el empleo de esta metodología está poco extendida, siendo difícil conseguir datos oficiales sobre su implantación, necesidad de desarrollo, líneas de investigación, promoción, etc.

La Universidad de Stanford, Centro de Servicios integrados de ingeniería (CIFE), cuantifica algunos de los beneficios que se obtuvieron aplicando BIM en 32 grandes proyectos (CIFE, 2007):

- Hasta un 40% la eliminación de los cambios no presupuestados.
- Precisión de la estimación de costos a menos de 3%.
- Una reducción de hasta el 80% del tiempo empleado para generar una estimación de los costos.
- Un ahorro de hasta un 10% del valor del contrato a través de detecciones de interferencias y conflictos.
- Hasta el 7% de reducción en el tiempo del proyecto.

En Estados Unidos, la utilización de los programas BIM aplicados al desarrollo de los proyectos han demostrado una disminución del costo final de construcción estimado entre un 3 y hasta un 9% del presupuesto base, y es por esta razón que actualmente más del 50% de los dirigentes exigen tecnologías BIM para el desarrollo de sus proyectos (McGraw Hill, 2009)

Estado actual. Uso extensivo de las herramientas CAD.

Hoy en día está muy extendido el uso de las herramientas CAD, pocas son las escuelas, despachos, estudios, administración vinculadas al sector AEC en las que no se empleen o no se tengan algunos conocimientos de alguno de los software CAD.

Durante la década de los años 90 se produjo una gran revolución en la industria de la construcción, el cambio de las herramientas manuales (tablero, lápiz) a las herramientas digitales (pantalla de ordenador) empleando aplicaciones CAD, sin embargo la metodología de trabajo en este sector no varió mucho de la ya se venía empleando, se siguió dibujando de forma geométrica no paramétrica.

Este hecho, por el cual se introdujo el ordenador al proceso constructivo fue un cambio de gran impacto para el sector, pues se podía dibujar, borrar, volver a dibujar sin gran pérdida de tiempo, mejoraba considerablemente la velocidad de trabajo frente al papel, añadía la posibilidad de guardar y recuperar en cualquier momento la información para consultarla o incluso imprimirla, se podían corregir errores. Pero en esa ocasión además de aprender el software correspondiente con el que se debían realizar las tareas de diseño, para muchos profesionales del sector era el primer contacto que tenían con la tecnología. Fue una barrera más que hubo que superar. Y la principal causa por la que muchos de los profesionales de la época mostraron durante el lento proceso migratorio gran reticencia hacia los sistemas informáticos. Sin embargo, hoy en día nadie se imagina volver a realizar proyectos de construcción artesanales, empleando únicamente herramientas manuales para su desarrollo (basados en lápiz y papel).

El principal problema de esa forma de trabajar, aún vigente en nuestros días, es que se generan varias (muchas) representaciones de un mismo modelo completamente inconexas, independientes entre sí, en cualquiera de ellas si se efectúa un cambio de algún elemento no se corrige de manera automática en el resto del proyecto, se debe ir revisando manualmente todas y cada una en las que aparezca para poder realizar la modificación. Tarea ésta en la que se debe emplear mucho tiempo, para que la documentación resultante sea coherente y evitar así propagación de errores o falta de definición de elementos, algo bastante común en los proyectos de construcción, que consecuentemente repercuten de forma negativa durante la ejecución de la obra.

Así pues, era necesario idear una nueva generación de aplicaciones que trabajasen con bases de datos en vez de con un sinfín de representaciones literales (2D o 3D), que contuvieran objetos paramétricos con información multidisciplinar. Estas bases de datos se conocen genéricamente como Modelos de Información y en el caso del modelado de edificios/construcción, se denominan BIM.

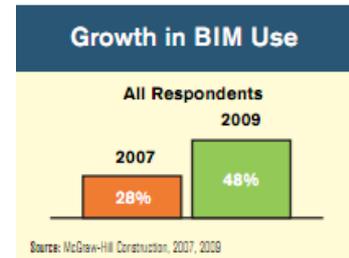
Mientras aún se hace un uso extensivo del software CAD, según el estudio realizado por ARCH-Vision (2009), European Architectural Barometer, un 84% de los arquitectos emplean estas aplicaciones para el diseño y elaboración de sus proyectos. Ya se escuchan los primeros ecos en países como EE.UU, Alemania, U.K, China, etc. sobre la metodología BIM. En estos últimos años la metodología BIM se está afianzando en el sector AEC de estos países, como se muestra en el estudio realizado por MacGraw Hill Construction (2010), en que se observa un claro incremento de usuarios que han adoptado BIM en sus procesos, un 36% en Europa Occidental (2010) y un 48% en EE.UU. (2009) .

Gracias a las nuevas tecnologías se ha pasado del tradicional dibujo a mano de planos en dos dimensiones a la existencia de software que posibilita el desarrollo de todo el proceso arquitectónico en tres dimensiones (proyecto y construcción). Permitiendo trabajar con un sistema integrado de infor-

mación donde cualquier cambio que se ha hecho en cualquier lugar en cualquier momento es automáticamente coordinado a través del proyecto entero.

Esta disciplina se ha convertido en herramienta indispensable para la industria actual que se enfrenta a la necesidad de mejorar la calidad, reducir los costes y acortar los tiempos de diseño y producción. La única alternativa para conseguir este triple objetivo es la de utilizar la potencia de las herramientas informáticas actuales e integrar todos los procesos, para reducir los costes (tiempo y dinero) en el desarrollo completo de los proyectos de construcción.

Tanto es así que un nuevo cambio se está produciendo en el sector de la construcción, poco a poco CAD (computer aided design) da paso a BIM (Building Information System). Según un estudio realizado en EE.UU. por McGraw-Hill Construction (2009), la mitad de la industria está empleando BIM para el desarrollo de sus proyectos o alguna herramienta actual relacionada con BIM, esto supone un incremento de usuarios en los dos últimos años de un 71%.



Es la industria de la construcción una de las industrias que evoluciona más lentamente, otras ya se sumaron a la evolución tecnológica y emplean en sus procesos de diseño, cálculo, simulación y fabricación softwares basados en sistemas paramétricos tipo CAM-CAE, como son la aeronáutica, automoción, diseño industrial. Mediante estos procesos de diseño se crean antes de su fabricación prototipos virtuales, que permite observar y hacer simulaciones del modelo tridimensional completo (con toda la información asociada) en el ordenador antes de que se haga realidad. Sí que es verdad que la industria de la construcción tiene diferencias importantes respecto a otros sectores industriales (Tabla 1), entre ellas y la más destacable es la "Producción in situ" frente a la "Producción en serie". Cada obra debe organizarse en torno a un proceso de producción específico, donde todos los participantes- promotor, proyectista, constructor, industriales y facultativos-, se ven involucrados en la construcción de una obra única en un lugar concreto. Así mismo, hoy en día, se sigue invirtiendo intensivamente en la mano de obra, con un elevado componente artesanal y de oficio. Otra característica es la Estructura empresarial que lo conforma, donde coexiste un número abismalmente superior de empresas pequeñas que de empresas grandes. Esto incide negativamente a la hora de favorecer la introducción de innovaciones tecnológicas. También dificulta el desarrollo de la I+D, los inconvenientes derivados de los resultados, ya que estos no suelen ser patentables y pueden ser fácilmente copiados por otras empresas en períodos cortos de tiempo.

DISEÑO INDUSTRIAL	DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Usuarios con formación específica	Usuarios con poca formación
Hardware y software potentes	Hardware y software menos potentes
Gran inversión en software	Inversión muy limitada
Cada producto se diseña hasta el último detalle en la fase de proyecto. No suele sufrir cambios en la fase de producción.	El producto solo se diseña a grandes rasgos en la fase de proyecto y se acaba de definir en la fase de producción, donde suele sufrir cambios importantes.
Todos los componentes necesarios son especificados en la fase de proyecto	La mayoría de componentes se especifican sólo en relación a sus características generales y se acaban de escoger en la fase de producción.

El diseño minucioso de cada componente comporta una gran inversión de tiempo en su definición	Los proyectos se deben desarrollar en pocos meses
Los componentes suelen aprovecharse para nuevos productos con pocas variaciones	Cada proyecto es un prototipo que no se volverá a fabricar
La fase de ejecución del producto se lleva a cabo de forma principalmente robotizada.	La construcción del edificio se ejecuta manualmente con maquinaria poco sofisticada

Tabla 1. (Coloma Picó, 2008)

Por todo esto se hace necesario romper con el conservadurismo y la fuerte resistencia al cambio de parte de las empresas del sector de la construcción, las cuales prefieren seguir trabajando de la forma tradicional.

Descripción de conceptos

Las telecomunicaciones, la informática e Internet han creado un nuevo paradigma y una nueva sociedad, la de la información y la comunicación. Nada ni nadie escapan a este paradigma y el mundo de la construcción no es ninguna excepción. Las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC's) han hecho surgir nuevas formas de trabajo (IPD, Lean Construction, BIM), de aprendizaje (e-learning) y de comunicación (Networking, Workshop). A continuación, se hace una breve descripción de estos conceptos empleados a lo largo del trabajo

- BIM (Building Information Modeling): es una metodología de trabajo. Se trata de un proceso de generación y gestión de datos del edificio durante su ciclo de vida, utilizando software dinámico de modelado de edificios en 3D y en tiempo real, disminuyendo la pérdida de tiempo y recursos en el diseño y la construcción. No sólo es un simple modelo 3D en un ordenador, el Edificio Virtual contiene además con gran detalle información adicional sobre los materiales del edificio y sus características. Es una base de datos tridimensional que hace un seguimiento de todos los elementos que componen el edificio. Esta información puede incluir área y volumen de superficies, propiedades térmicas, descripciones de las habitaciones, precios, información sobre especificaciones de producto, ventanas, puertas y acabados, entre otros. (Graphisoft)

Este proceso produce el modelo de información del edificio, que abarca la geometría del edificio, las relaciones espaciales, la información geográfica, así como las cantidades y las propiedades de los componentes del edificio (por ejemplo, detalles de fabricantes de puertas).

BIM puede ser utilizado para ilustrar el proceso completo de edificación, de mantenimiento e incluso de demolición (ahora se reciclan más materiales).

Esta plataforma tecnológica da la posibilidad de coordinar, modelar, simular y optimizar en un sistema 3D de ingeniería el ciclo de vida completo del proyecto, desde la arquitectura, la ingeniería, construcción y la futura operación y mantenimiento del edificio.

Se indican aquí algunas de las principales ventajas del empleo de la metodología BIM en la industria AEC:

- **Consistencia de los proyectos:** cuando se hace un cambio, éste aparece reflejado en planta, alzado, sección... por tanto siempre habrá una consistencia entre todos los documentos que forman el proyecto, algo difícil de conseguir en el CAD. Esto ocurre porque solo existe un único objeto: el modelo virtual, y las plantas, secciones, detalles... son representaciones de éste, algo que no ocurría literalmente con el CAD, pues cada uno de ellos eran entidades independientes.
 - **Elementos con propiedades físicas:** dado que en lugar de usar líneas, círculos... se representan elementos físicos tales como muros, techos, puertas, ventanas... éstos tienen la particularidad de que pueden dotarse de propiedades físicas tales como materiales, acabados, precios... y luego establecer operaciones e informes con ellos.
 - **Bases de datos relacionadas:** las propiedades de los objetos se almacenan en una base de datos relacional, de tal manera que conociendo esos datos y el número de elementos que existen con cada una de estas propiedades, se pueden generar informes automatizados de recuentos de elementos constructivos (por ejemplo carpinterías) que además de ser casi instantáneos no darán opción a error y pueden actualizarse dinámicamente (no solo podemos cambiar algo en el plano y se cambiará en el informe sino que si lo cambiamos en el informe también cambiará en el plano)
 - **Gestión de la información:** un problema clásico del trabajo en CAD es la enorme cantidad de archivos distintos que se generan, llegando a dificultar enormemente la tarea de encontrar el archivo y la versión que necesitamos para trabajar o imprimir. El problema crece exponencialmente cuanto más complejo es el proyecto o mayor es el número de personas que trabajan en él. Con los programas BIM esto se facilita sobremedida y se facilita también el trabajo en grupo, la localización de información, impresión por lotes...
- CAD: El dibujo asistido por ordenador (que podemos referir como CAD, usando las siglas de su denominación en inglés: computer-aided drafting) surge como solución para aumentar la productividad a la hora de producir planos de proyecto; se trata, como su propio nombre indica, de una mera herramienta de dibujo.
- Estas herramientas se pueden dividir básicamente en programas de dibujo en dos dimensiones (2D) y modeladores en tres dimensiones (3D). Las herramientas de dibujo en 2D se basan en entidades geométricas vectoriales como puntos, líneas, arcos y polígonos, con las que se puede operar a través de una interfaz gráfica. Los modeladores en 3D añaden superficies y sólidos. De los modelos pueden obtenerse planos con cotas y anotaciones para generar la documentación técnica específica de cada proyecto. Los modeladores en 3D pueden, además, producir previzualizaciones fotorrealistas del producto, aunque a menudo se prefiere exportar los modelos a programas especializados en visualización y animación.

- IFC: Se trata de un modelo de datos - un formato de archivo orientado a objetos- enfocado a facilitar la interoperabilidad entre plataformas de software distintas. El objetivo de IFC es conseguir una extensa representación de objetos y una continua mejora de intercambio de información entre aplicaciones de CAD (y no-CAD) en el ciclo de vida del edificio. El desarrollo de este tipo de formatos estándar pretende facilitar la integración de los distintos programas que se usan en el sector, correspondientes a cada una de las disciplinas que intervienen en el proceso. Las múltiples aplicaciones para cálculo (instalaciones, estructuras, mediciones, etc.) hacen cada vez más necesario que se pueda enlazar la información entre ellas con el fin de dotar de plena coherencia a todo el proyecto, de conseguir una interacción rápida y fácil entre soluciones sin comprometer la consistencia de la información entre aplicaciones.

Hasta ahora, este hecho dificultaba enormemente que la información se pasara de unos a otros y en muchas ocasiones obligaba a hacer de nuevo los dibujos o bien los cálculos. Esto representaba una gran pérdida de tiempo y de dinero. Ahora, gracias al BIM, es posible pasar la información de un programa a otro, mediante el empleo de formato IFC. Lo que se traduce en una gran mejora debido a los menores costes económicos, el menor tiempo, y los menores problemas en obra que esto supone.

De este modo, el proceso de introducción de datos se simplifica y cada aplicación informática que interviene en el proyecto no necesita una introducción de datos completa, sino que puede aprovechar los datos introducidos en el programa CAD/BIM, con el incremento de seguridad y la reducción de esfuerzo consiguientes.

- IPD (integrated projects development): es un sistema que integra personas, sistemas, estructuras de negocio, y prácticas en un proceso de colaboración que enmarca los talentos y las ideas de todos los participantes para optimizar los resultados, añadirle valor, reducir desperdicios, y maximizar la eficiencia en todas las fases de diseño, fabricación y construcción del proyecto.
 - Mediante el IPD, los miembros del equipo trabajan juntos y están comunicados durante todo el proceso de diseño y construcción. Profesionales que tradicionalmente no se comunicaban, ahora lo hacen, y en el proceso evalúan como el diseño y los componentes afectaran (o serán afectados) por decisiones de campo y otros componentes

El concepto IPD (Integrated Project Delivery) nace por la constatación de la pérdida de productividad del sector de la construcción principalmente a partir de los años 60 y 70. De forma resumida se establece que esta baja productividad ha repercutido para el cliente final en:

- 1.- retrasos de entrega de proyectos;
- 2.- sobrecoste respecto a los presupuestos iniciales;
- 3.- malas relaciones entre los actores del proyecto (owner, architect, general constructor).

- LEAN CONSTRUCTION: "construcción sin pérdidas". Esta metodología se desarrolla con el fin de abordar las causas de muchos de los problemas que limitan la eficiencia en la construcción, centrándose en la reducción de las pérdidas a lo largo del flujo productivo. Cuya función es minimizar o eliminar todas aquellas fuentes que impliquen pérdidas, entendiendo que estas pérdidas conducen a una menor productividad, menor calidad, más costes, etc.

Lean construction es una nueva filosofía orientada hacia la administración de la producción en construcción, cuyo objetivo fundamental es la eliminación de las actividades que no agregan valor (pérdidas).

Es indudable que el sector de la construcción es un componente significativo en la economía de un país. A pesar de su importancia los problemas que enfrenta el sector son bien conocidos: baja productividad, pobre calidad, altos índices de accidentes, desviaciones en cumplimiento de plazos y presupuestos, entre otros.

- **ELEARNING:** hace referencia a las experiencias educativas a través de la tecnología tanto dentro como fuera de las aulas.
- **Networking:** Término utilizado para referirse a las redes de telecomunicaciones en general. Actualmente se relaciona este término más concretamente con las redes sociales, tan de moda últimamente. Se trata del arte de establecer contactos, normalmente relacionados con el ambiente laboral.
- **TIC's:** Son las tecnologías de la Información y Comunicación, es decir, son aquellas herramientas computacionales e informáticas que procesan, sintetizan, recuperan y presentan información representada de la más variada forma. Es un conjunto de herramienta, soportes y canales para el tratamiento y acceso a la información, para dar forma, registrar, almacenar y difundir contenidos digitalizados. No se puede hablar de TIC sin mencionar Internet. El cual se ha convertido en un medio indispensable y de gran utilidad para los profesionales del sector de la construcción. Las posibilidades de la red de redes no paran de crecer al igual que nuestra dependencia sobre ella. ¿Qué haríamos hoy sin internet?

Descripción de la necesidad

Como ya se ha dicho una aplicación BIM es aquella que emplea como entidades de trabajo principal objetos paramétricos de cualquier disciplina que son capaces de relacionarse entre ellos y de los que se puede extraer diversos tipos de información, entre los que se incluye representaciones gráficas pero también alfanuméricas.

Por otro lado, tenemos aplicaciones que, si bien, no son propiamente BIM tiene interoperabilidad con aplicaciones BIM, esto permite obtener de sus modelos la información que sea necesaria en ese momento, sin necesidad de rehacer el modelo nuevamente. Por ejemplo, la aplicación de mediciones Presto, es capaz de leer las mediciones incluidas en los modelos de ArchiCAD y aplicarles partidas y precios, gracias a que este último es capaz de vincular partidas de medición a elementos constructivos.

En un mundo cada vez más global y donde el trabajo se desarrolla en equipos multidisciplinares, en ocasiones que están geográficamente dispersos, BIM es la metodología que permite la compartición de la información de forma eficaz y fiable entre todas las partes, favoreciendo el flujo de trabajo y el resultado final.

Debido a que facilita:

- La toma de decisiones en la fase de diseño.

- La creación de documentos de alta calidad (mediciones, planos, prescripciones técnicas...)
- El cálculo de costes.
- La planificación de la construcción.

En la práctica la industria de la AEC se presta una atención cada vez mayor a la Gestión Integrada de la ejecución de Proyectos (IPD), es por esto que las grandes organizaciones están adoptando herramientas que faciliten esta gestión. BIM, por su diseño cumple con estas exigencias del mercado (Hardin, 2009) y, por tanto, tiene un gran potencial de crecimiento en la tardía industria de la construcción. En Hong Kong, un número creciente de organizaciones AEC están adoptando BIM en sus proyectos (por ejemplo, Wong et al. 2009). Tanto es así, que se está fomentando la enseñanza de BIM para capacitar a los estudiantes de AEC, futuros profesionales del sector, de estos conocimientos tecnológicos y poder satisfacer las demandas futuras.

El apoyo necesario para la expansión del BIM viene de más profesionales capacitados en aplicaciones BIM. Tal apoyo en general ha carecido en los últimos años (Young et al, 2008). La formación esencial a este respecto se está proporcionando a los estudiantes en las universidades o institutos de educación superior que ofrecen curso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en las disciplinas de AEC. La incorporación de BIM en la educación superior no sólo sirve a la creciente demanda de profesionales capacitados para el empleo de software BIM, sino que también producen nuevas oportunidades para los estudiantes en sus carreras profesionales debido a que desarrolla su capacidad para hacer frente a nuevos retos profesionales con la alta eficiencia obtenida mediante la aplicación BIM.

Las instituciones de educación en general, tienen las opciones de adaptación de sus planes de estudio existentes para incluir BIM o enseñar BIM como curso separado o ambos (Sacks y Barak, 2010). En la educación normalmente se enseña como una herramienta de diseño y, más concretamente, de diseño arquitectónico para iniciar el aprendizaje de los estudiantes. En la representación de diseño arquitectónico, BIM impone una migración de dos dimensiones a tres dimensiones mediante la creación de múltiples dimensiones-la construcción de modelos inteligentes (Ramos, 2007). Sin embargo, BIM va allá de la simple representación de la geometría de un edificio. BIM puede mostrar puntos de vista e interpretación inteligente de los tipos de materiales, detalles de construcción incluyendo la programación de la ejecución de elementos para el montaje. A través de esta capacidad, BIM ofrece una oportunidad a los usuarios con orígenes diferentes para trabajar conjuntamente en un modelo de un edificio BIM (Thomson y Miner, 2007). Los estudiantes aprenden que representar el diseño arquitectónico en BIM, es además, tener la oportunidad de aprender otras capacidades. Por lo tanto, hay una gran necesidad de apoyo a las instituciones académicas para garantizar una investigación adecuada y el desarrollo de programas educativos en este ámbito.

Oportunidad

El aprendizaje, el estudio y la educación juegan un papel muy importante en el desarrollo de la sociedad, siendo uno de los motores de su proceso evolutivo. Es por ello que la docencia y los procesos de aprendizaje deben adaptarse permanentemente a las características de los individuos que en cada momento la componen.

Esta generación está compuesta por los *nativos digitales* (Prensky, 2001). Nacieron en la era digital y son usuarios permanentes de las tecnologías, empleándola para cualquier tarea cotidiana, entretenimiento, diversión, comunicación, estudio, etc. absorben rápidamente la información multimedia de imágenes y videos, igual o mejor que si fuera texto; consumen datos simultáneamente de múltiples

fuentes; esperan respuestas instantáneas; permanecen comunicados permanentemente y crean también sus propios contenidos. Los nativos digitales, estudiantes de hoy en día y del mañana, no son los sujetos para los que los sistemas educativos y sus procesos de aprendizaje fueron diseñados.

Es difícil mantenerlos atentos en una clase tradicional de exposición de contenidos por parte del profesor, porque tienen la percepción de que ese contenido lo pueden consultar en Internet, lo pueden intercambiar entre ellos, localizar otras fuentes, elaborar mapas o visualizaciones. En definitiva, tienden a participar activamente en la construcción de su propio conocimiento. (García et al., 2008)
Los arquitectos e ingenieros que imparten docencia deben dejar de percibir la tecnología como obstáculo para el proceso creativo, la realidad es que los futuros profesionales de la industria AEC, nativos digitales, tienen gran afinidad hacia ella considerándola imprescindible para descubrir, generar, ejecutar y comunicar sus propias ideas y proyectos.

Es posible que la actual situación inestable de las enseñanzas profesionales debiera ser aprovechada en este nuevo empeño, antes de blandir inútilmente los derechos adquiridos en disciplinas y conocimientos en rápida obsolescencia y actualizar las herramientas de proyecto, como por otra parte llevan haciendo durante décadas los estudios, arquitectos e ingenieros de las vanguardias, que han recurrido hace tiempo a las nuevas tecnologías para la creación de una excelente imaginativa y flexible arquitectura e ingeniería. (Aguilar, 2010)

Las TIC's son un instrumento eficaz para fomentar la calidad y diversidad de las enseñanzas y un factor de integración y cohesión en el contexto de una estrategia global de la Educación Superior.

Es tarea fundamental del sistema educativo saber adaptarse a los cambios y liderar la transformación de una sociedad en continuo desarrollo. Y a la vez responsable de la alfabetización digital de sus futuros profesionales. Siendo actualmente la escuela uno de los más fuertes agentes de resistencia al cambio que existe en la sociedad.

Es por ello que incorporar a la realidad docente y profesional los entornos necesarios para las modernas técnicas mediante el empleo de herramientas tecnológicas es el presente y no el futuro.

Beneficiarios

Tanto los alumnos, desde el punto de vista del aprendizaje, como el sector de la construcción: abasteciéndose de profesionales cualificados en la tecnología BIM, eficacia, rendimiento, menores errores, menor coste, mayor productividad...

Las experiencias tempranas en las enseñanzas de BIM, demuestran que a los estudiantes les resulta más fácil e intuitivo comprender y asimilar los conceptos del sistema paramétrico basado en el cálculo (BIM arquitectura) que los conceptos equivalentes en el sistema basado en la geometría

Los estudiantes que usan BIM han experimentado un acelerado proceso de diseño en comparación con los que utilizan CAD u otros "métodos" tradicionales. Los estudiantes utilizando BIM a menudo optaron por seguir los diseños más complejos en comparación con diseños compuestos exclusivamente con CAD, tales como la exploración de geometrías excéntrica (asimétrica). BIM permitió una exploración más robusta de alternativas de diseño, lo que permitió a los estudiantes simular los efectos de las distintas posibilidades de diseño a fin de tomar decisiones más inteligentes y persuasivas. (Wong et al. 2011)

Las aplicaciones BIM proporcionan una capacidad de gran alcance que facilita los nuevos modelos de colaboración para el trabajo en equipo de los estudiantes. La capacidad de innovación de los estudiantes debe ser alentada en el uso de BIM

En un estudio realizado en Hong Kong (Wong et al.2011), los estudiantes consideraron que el software BIM fue más fácil de usar, cómodo, da una mejor visualización, menos dependiente de los comandos escritos, mayor información de los componentes y la facilidad de dibujar en 3D. En ese mismo estudio el 60% de los estudiantes, estuvieron de acuerdo en que había una mejor comprensión de la estructura del edificio después de aprender BIM. Más del 45% de los estudiantes estuvieron de acuerdo en que el conocimiento BIM también fue útil para integrar otras disciplinas relacionadas con la construcción. La mitad de los estudiantes consideraron que BIM mejora su confianza en el mercado de trabajo

Y por último despertó la curiosidad de más de la mitad de los estudiantes que aseguraron que estarían dispuestos a conocer más a fondo las aplicaciones BIM, tanto en la teoría como en la práctica. Cincuenta y seis por ciento de los estudiantes tenían la intención de tener más experiencia práctica en el uso de software de BIM y el 53% de los estudiantes buscaron formación al respecto.

Si bien es verdad que al estar en un momento incipiente de implantación en los estudios universitarios, algunos estudiantes comentaron que necesitaban explicaciones más claras por parte del instructor durante las clases.

2. Objetivos

El sistema digital integrado, además del aprendizaje tecnológico, facilita la introducción en el aula de ciertos hábitos y actitudes que no son más que los reconocidos por el nuevo Espacio Europeo de Educación Superior:

Aprender a trabajar en colaboración, desarrollar habilidades de comunicaciones interpersonales y sociales, desarrollar el pensamiento crítico y estratégico, la resolución de problemas basada en proyectos y el aprendizaje en procesos de diseño avanzado para finalmente conectar con el trabajo profesional de una manera eficiente. (Aguilar, 2010)

La evolución reciente es, desde el punto de vista de los autores, más que espectacular, hay muchos técnicos, pequeñas y medianas empresas (pertenecientes a subsectores de menor complejidad que el de la construcción industrial) que no conocen todas las posibilidades que brindan este tipo de herramientas. Muchos de ellos no aprovechan la mayoría de las posibilidades que el mercado les ofrece, limitándose a la utilización de paquetes estándar de los que no obtienen la productividad que podrían alcanzar con otras aplicaciones más especializadas. (Taylor, 2008)

El principal objetivo es mostrar la necesidad de implantación de la tecnología BIM en los estudios universitarios, hecho que lleva ocurriendo desde hace ya varios años en universidades de otros países.

En EE.UU la mayoría de los programas educativos comenzaron a ofrecer cursos de BIM durante el período de 2003 a 2006. El rápido movimiento de CAD a BIM por profesionales arquitectos, ingenieros y encargados de la construcción ha creado varios retos y oportunidades para los programas educativos AEC. En general, el 56% de todos los programas ofrecen cursos de BIM y de los programas que todavía no ofrecen cursos de BIM, el 57% planea integrarlos en sus planes de estudio. Esto es debido a que el 95% de los participantes consideró que BIM es importante o muy importante para el futuro de la industria AEC. La principal razón para no integrar BIM en los programas universitarios fue que el 55% no dis-

ponían de personal lo suficientemente formado para impartir la materia y 45% por ciento dijeron no tienen recursos suficientes para hacer el cambio curricular (Becerik-Gerber et al. 2011)

3. Metodología empleada

Es mucha la literatura que hace referencia a los beneficios, dificultades, nivel de implantación de la tecnología BIM en el sector de la construcción, tanto en el ámbito empresarial como en el ámbito educativo. Gracias al análisis bibliográfico realizado, se han mostrado en este trabajo algunos de los datos obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en diferentes países, en los que la realización de proyectos empleando herramientas BIM es ya práctica habitual, y en crecimiento, McGraw Hill (2010, 2009), no habiendo encontrado ninguna publicación que haga referencia al estado de implantación de BIM en España.

Movidos principalmente porque esta metodología de trabajo es desconocida por la mayor parte de los profesionales de la industria AEC en nuestro país, desperdiciando la oportunidad de evolucionar e integrarse en un sector cada día más exigente y multidisciplinar, se ha llevado a cabo una encuesta pública difundida a través de internet, empleando algunas de las herramientas que las nuevas tecnologías nos ofrecen como son redes sociales, blogs, páginas web, etc.

La encuesta

Pretende dar una ligera idea del estado y grado de implantación de la tecnología BIM en España. Debido a que no existen datos empíricos al respecto en este países, se trata aquí de arrojar algo de luz sobre un futuro próximo, que como ya hemos visto es presente en el sector de la construcción de muchos países. Se diseñó para comparar y cuantificar las tendencias de integración actuales y futuras, que están marcando la industria de la construcción y abre un nuevo camino para la implantación definitiva de éstas en los estudios universitarios de las distintas disciplinas relacionadas con la industria AEC

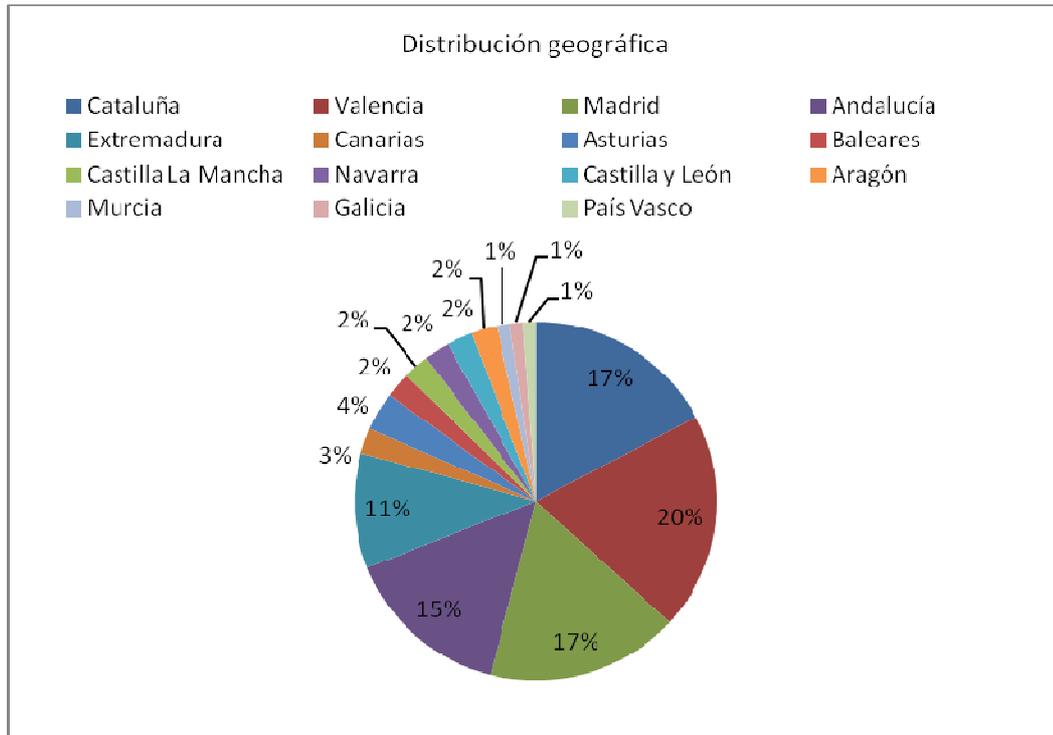
Los resultados obtenidos de los datos recogidos mediante la encuesta se detallan en el siguiente apartado.

4. Resultados

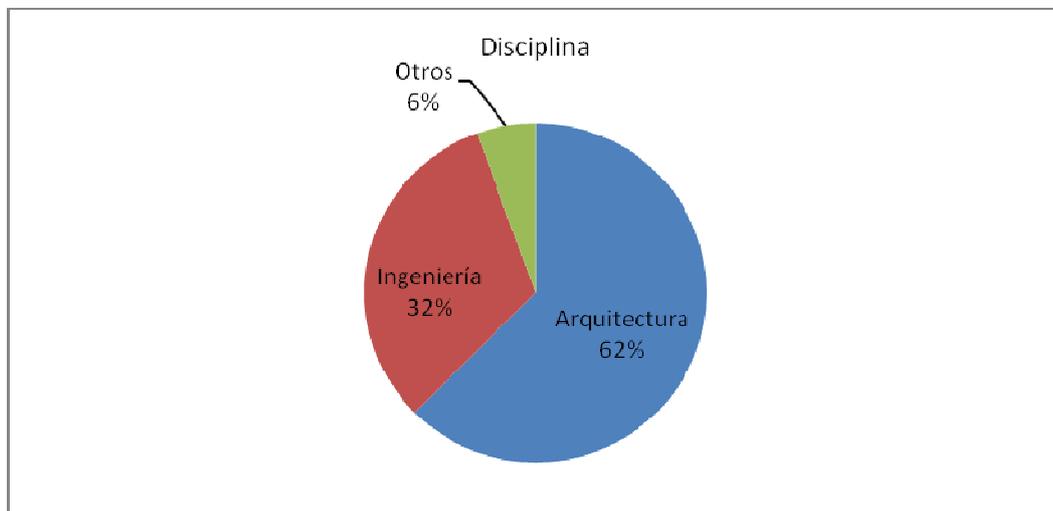
La encuesta está dividida en diferentes apartados de cada uno de ellos se obtendrá información de distinta índole que se analizará a continuación.

El índice de participación de la encuesta ha sido un 37%, se han hecho entrega de 303 cuestionarios de los cuales se han completado 113.

1- Datos generales. Las respuestas obtenidas en este apartado nos servirán para hacernos una idea de cómo se ha distribuido en el ámbito nacional la colaboración abierta de los participantes de la encuesta, y el perfil del profesional que está comenzando a mostrar algo de interés sobre las metodologías BIM.



Como vemos en el gráfico, las comunidades que han ofrecido mayor participación son Valencia un 20%, Cataluña un 17%, Madrid un 17% y Andalucía 15%.

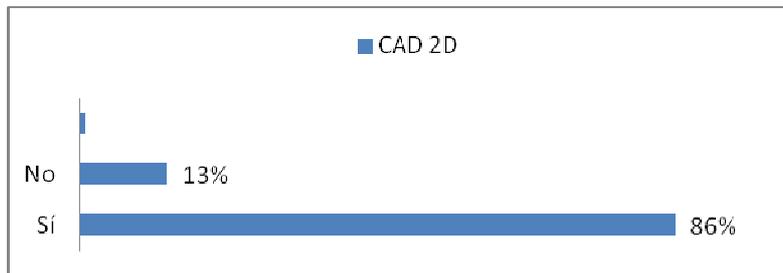


Según el informe Mc Graw Hill 2009, los arquitectos son los mayores usuarios de BIM con un 43%, utilizan esta metodología en más del 60% de sus proyectos. Confirmando esos datos en la encuesta

realizada, el colectivo de arquitectos es el que ha mostrado mayor interés en la participación de esta encuesta, representa el 62% frente a los ingenieros que representan el 32%.

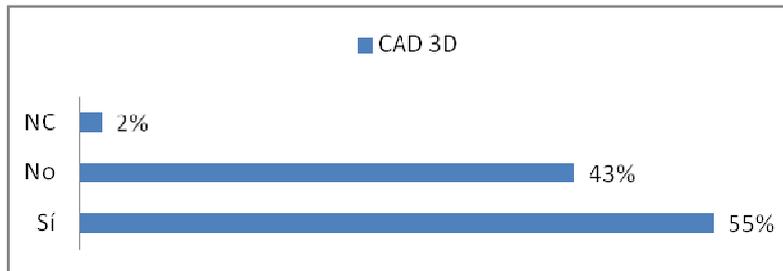
2- Softwares empleados. Mediante este apartado se pretende radiografiar, confirmar el uso extensivo de las herramientas CAD 2D y CAD 3D, empleadas en el sector, tal y como se ha reseñado anteriormente.

¿Emplea alguna herramienta CAD 2D para el desarrollo de su actividad?

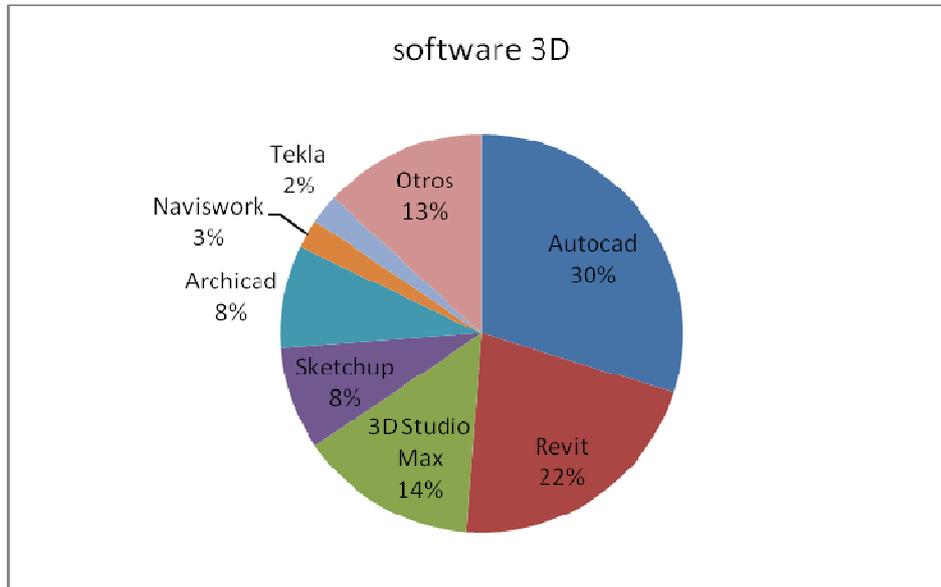


El 86% de los encuestados afirmaron que emplean herramientas CAD 2D. En esta sección, se solicita además que se indique el software empleado y la respuesta unánime con un 100% contestó AUTO-CAD.

¿Emplea alguna herramienta CAD 3D para el desarrollo de su actividad?



Algo más de la mitad de los encuestados emplean aplicaciones para realizar trabajos en 3D. En lo referente al software empleado la respuesta fue muy dispersa, como a continuación se muestra en el gráfico. Se observa que el 30% de los encuestados emplean Autocad como herramienta 3D, seguido de Revit (aplicación BIM), con un 22%, y con un 14% se encuentra 3DMax. La mayor parte de las respuestas fueron múltiples, esto es combinan para la generación de la documentación en 3D, dos o más aplicaciones.

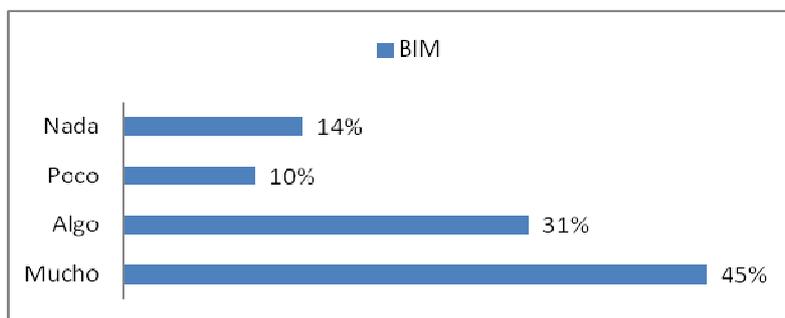


3- Acerca de la metodología BIM. Es este uno de los principales apartados en los que se basa nuestra investigación. Con los datos aquí obtenidos pretendemos mostrar el grado tan bajo de conocimiento respecto a esta metodología en nuestro país.

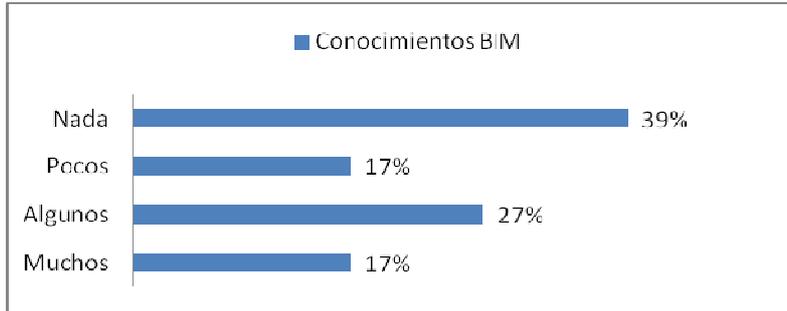
¿Ha oído hablar de las herramientas BIM o alguno de los software: Archicad, Allplan o Revit?

Llama la atención, con las ventajas aquí presentadas que el empleo de las aplicaciones BIM tienen en el desarrollo y gestión de proyectos, y los efectos positivos que reportaría su empleo en el sector, aún el 24% de los participantes en la encuesta hayan oído hablar poco o nada de la tecnología BIM.

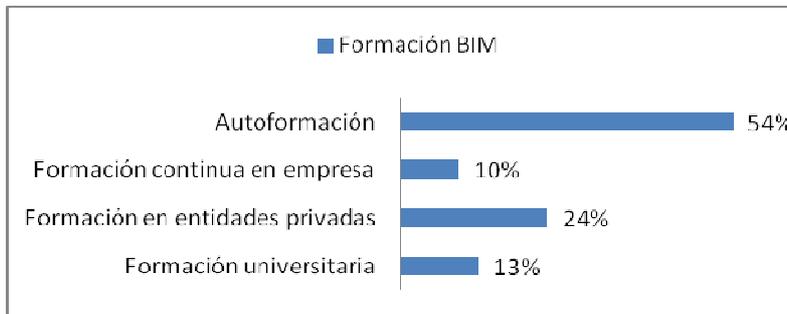
El lado positivo es que casi la mitad, el 45% de los participantes hayan escuchado hablar mucho de tecnología BIM, este porcentaje contrasta con el obtenido en el estudio realizado por Archvision (2009), en el que el porcentaje de profesionales que en nuestro país no había oído hablar de BIM era un 64% y tan sólo un 7% había oído hablar de él.



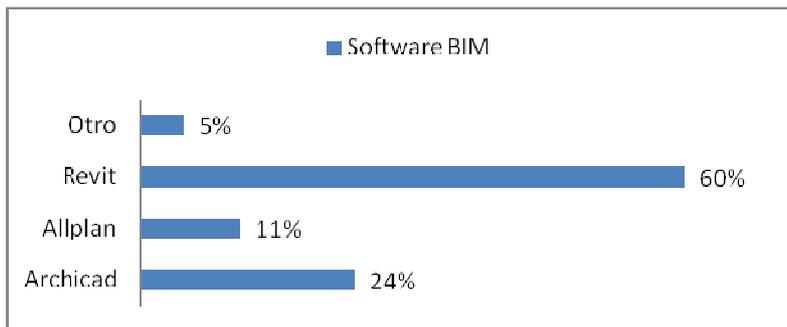
¿Tiene conocimientos de herramientas BIM?



El 56% de los encuestados no tienen o tienen muy pocos conocimientos de las aplicaciones BIM. Además del bajo porcentaje de profesionales que cuentan con conocimientos sobre BIM, tan sólo el 17%, el 54% de estos han adquirido sus conocimientos de forma AUTODIDACTA, empleando los recursos existentes en la red (e-learning), que no son muchos en nuestro idioma.



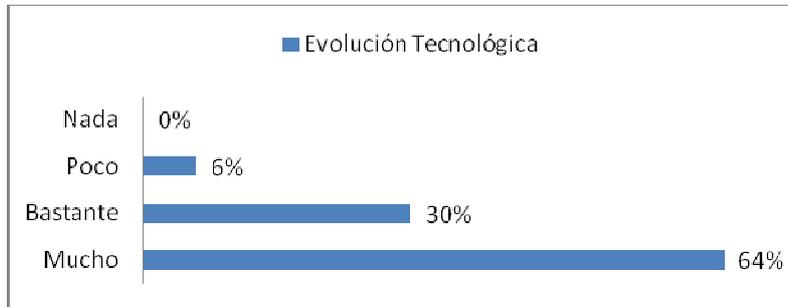
Respecto al software BIM empleado, también existe una tendencia bastante clara, el 60% de las personas que conocen o emplean la tecnología BIM para el desarrollo de su actividad lo hace con la aplicación REVIT. Existe una gran diferencia con el siguiente que es Archicad y cuenta con un 24%



4- Evolución tecnológica. En este apartado se pretende mostrar la percepción de los profesionales del sector AEC respecto a las nuevas tecnologías y respecto al estado actual en la forma de trabajar actualmente en este sector

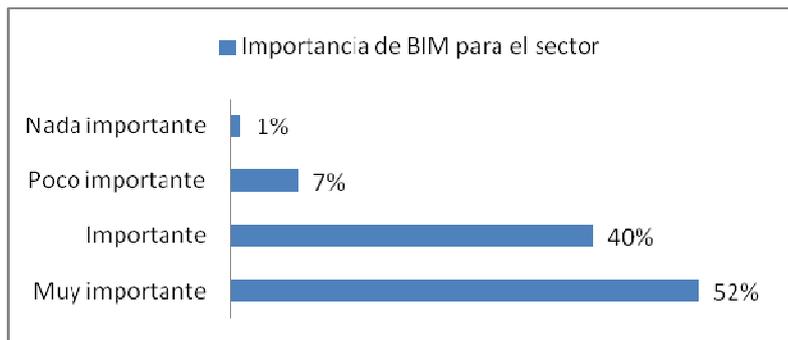
¿Cree necesario que se produzca una evolución tecnológica en el sector de la construcción?

La respuesta a esta pregunta es muy contundente un 94%, cree necesario que la evolución tecnología sufrida en otras industrias llegue también al sector de la construcción



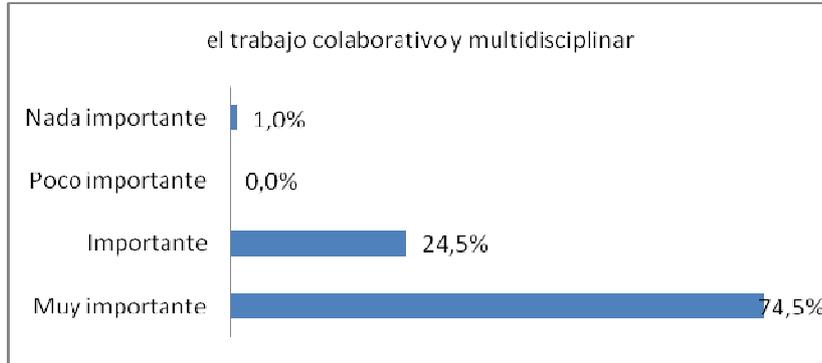
¿Cree importante la implantación de la metodología BIM para el sector de la construcción?

Un 92% de los participantes considera importante o muy importante la implantación de la metodología BIM en la construcción



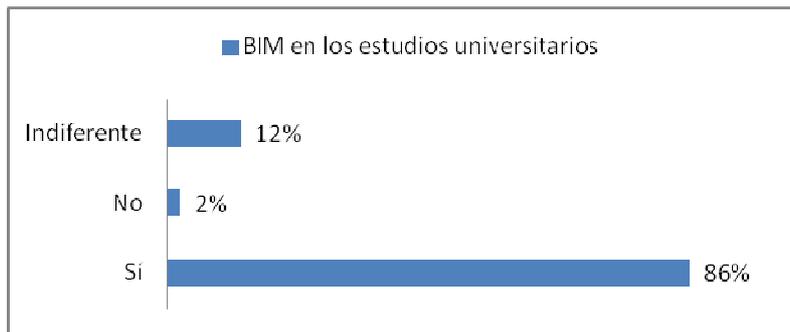
¿Considera importante que la formación universitaria fomente el trabajo colaborativo y multidisciplinar?

Respecto a que la formación universitaria adoctrine a los futuros profesionales del sector sobre el trabajo colaborativo y multidisciplinar, habilidades exigidas en la actual industria de la construcción el 99% lo consideran importante o muy importante.



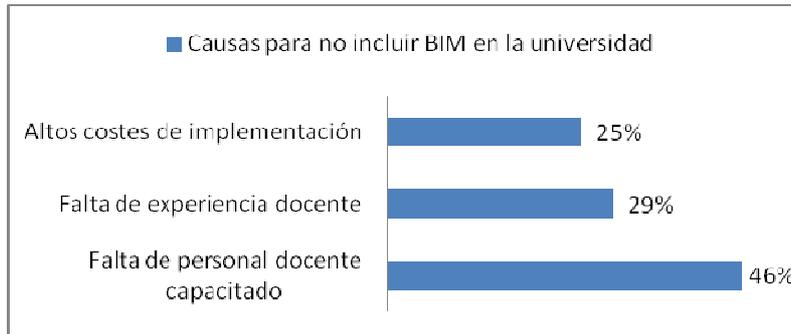
¿Cree necesario que se incorporen en los planes de estudios universitarios de arquitectura e ingeniería herramientas BIM?

Mucho más fácil sería la implantación de BIM en el sector de la construcción, si los actuales estudiantes de las distintas disciplinas que intervienen en el proceso edificatorio contaran con una formación universitaria en dicha materia, es por esto que el 86% considera necesario que la metodología BIM se incorpore a dichos estudios. Cabe destacar también que tan solo el 2% no lo considera importante.



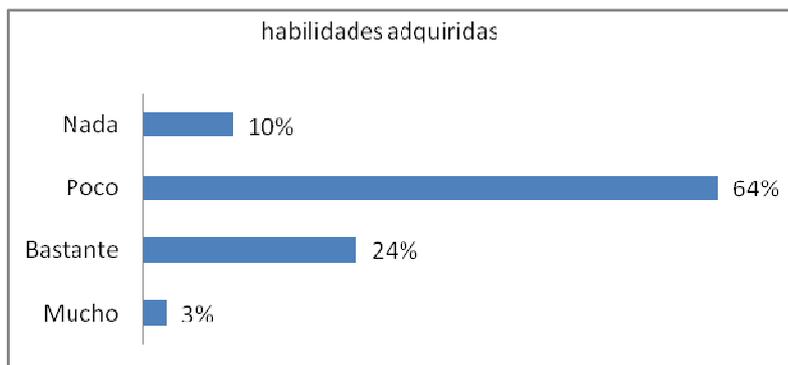
¿Cuál cree que es la principal causa para no incluir estas herramientas en los planes de estudios actuales?

El 46% de los encuestados cree que la principal causa por la que no se incluyen estas herramientas en los planes de estudios es debido a la falta de personal docente capacitado. La segunda causa con un 29% es debido a la falta de experiencia docente en esta materia y la tercera con un 25% serían los altos costes de implementación. Dato muy en línea con el obtenido en un estudio realizado en EE.UU. (Berick-Gerber et al., 2011), en el que el 55% por ciento de los programas educativos que no tienen cursos de BIM dijo que la razón es que no hay nadie para enseñar a BIM



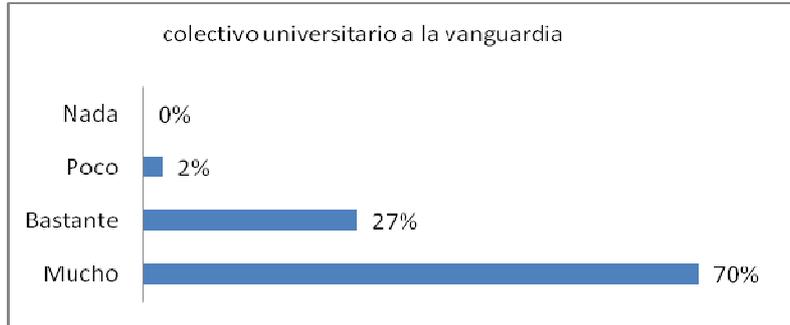
¿Cree que las habilidades adquiridas en los estudios universitarios cubren las necesidades actuales del sector?

El 74% de los encuestados cree que las habilidades con que se dota a los futuros profesionales del sector durante sus estudios cubren POCO o NADA las requeridas en el mundo laboral.



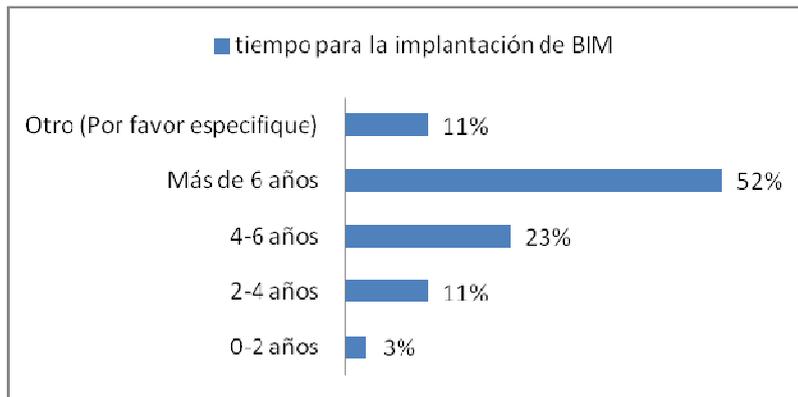
¿Cree que el colectivo universitario debe estar a la vanguardia en la formación de los nuevos profesionales?

El 97% de los participantes de la encuesta cree que es la comunidad educativa la que debe ir por delante, dando a conocer y adaptándose a las nuevas tecnologías, para formar a los estudiantes con herramientas que les serán requeridas en el mundo profesional.



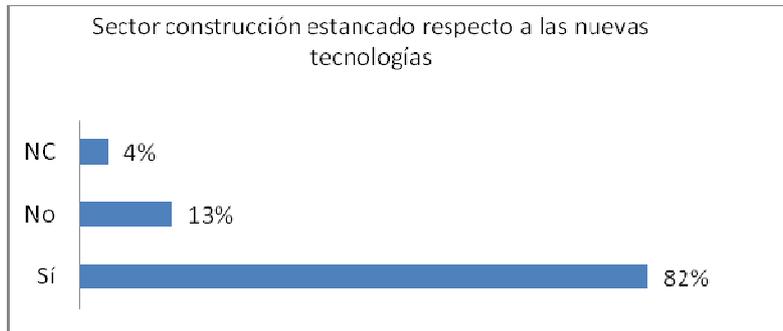
¿Cuánto tiempo cree que tardará en implantarse esta metodología de trabajo en el sector de la construcción?

Es sin embargo sabido por todos los integrantes del sector que éste es un sector reacio al cambio, tal y como vemos en el gráfico algo más de la mitad, el 52% considera que la implantación de la metodología BIM tardará más de 6 años en llevarse a cabo.



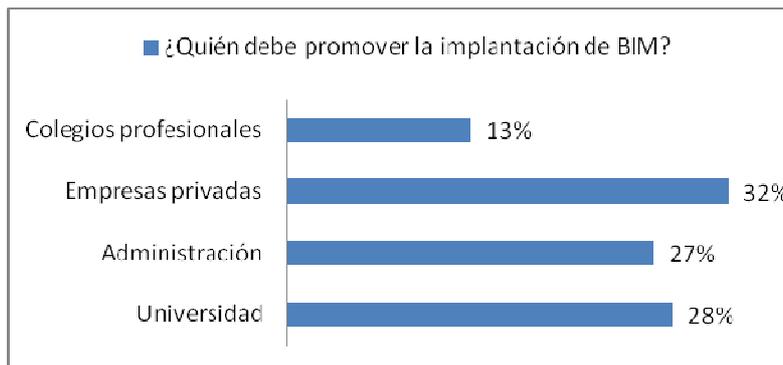
¿Considera que el sector de la construcción se ha quedado estancado respecto a las nuevas tecnologías?

El 82% de los participantes considera que el sector de la construcción se ha quedado estancado respecto de las nuevas tecnologías.



¿Quién debe promover la implantación de BIM?

Tal y como hemos visto en una de las preguntas anteriores el 86% considera muy importante que se implante la metodología BIM en los estudios universitario y el 97% considera que es la universidad la que debe estar a la vanguardia respecto a las nuevas metodologías, a la hora de promover BIM un 32% considera que debe venir de la mano de las empresas privadas, un 28% de las universidades y un 27% de la administración.



Los resultados de esta encuesta deben ser tomados como una pequeña parte del todo, se debe tener en cuenta que todos los encuestados que han participado en la misma tienen mayor tendencia al desarrollo y evolución del sector, mediante el empleo de BIM, debido a su interés en el campo y la voluntad de tener tiempo para llenar la encuesta. No se pueden hacer extensiva a la totalidad de los integrantes del sector.

5. Conclusiones

Con este trabajo se pretende dar a conocer los motivos por los cuales las nuevas tecnologías se están imponiendo a un ritmo cada vez mayor en la industria AEC. Las exigencias del sector de la construcción son cada vez mayores, por esto es necesaria la implantación de aplicaciones BIM, que nos permitan afrontar los nuevos retos constructivos, con garantías de éxito económico y calidad.

La falta de personal con habilidades Building Information Modeling (BIM) ha es un obstáculo significativo para retrasar el uso de la tecnología en la arquitectura, la ingeniería y la industria de la construcción

No se debe por ello, demorar la implantación de estas herramientas a los jóvenes que han crecido dentro de la era digital. Se debe asumir que los estudiantes de hoy poseen competencias tecnológicas que probablemente no comprendemos o bien pensamos carecen de un fin productivo, esta visión debe invertirse y pasar a considerar esas herramientas y competencias como aliados en el proceso educativo.

No es necesario que los educadores manejen todas esas tecnologías, pero sí ser capaces de generar espacios que permitan integrarlas y sacar el mayor provecho posible.

Las instituciones de nivel superior están obligadas a impartir a los alumnos materias que el campo laboral requiere para su desempeño profesional y los alumnos a exigir las materias que realmente reclama el ambiente de productividad, competitividad y alto rendimiento.

Es necesario, que los alumnos se capaciten sobre los últimos avances tecnológicos empleados en la industria, porque de lo contrario no saldrán actualizados

Si bien es evidente que los ambientes educativos deben mantener una cierta semejanza con las prácticas del mundo real de la industria, manteniendo el plan de estudios en línea con las necesidades de la industria es un reto importante dado que la industria AEC está preparada para una rápida transformación. Sin embargo, la educación universitaria de estas disciplinas debe marcar el ritmo en lugar de mantener el ritmo de la industria. El sistema educativo de AEC debe evolucionar para favorecer la adaptación a situaciones reales y poder hacer frente a desafíos presentes y futuros.

Aprovechando así, todos los beneficios que las nuevas tecnologías pueden aportar a este sector.

Muchos de los problemas a los que se enfrenta la industria de la AEC hoy en día, se pueden atribuir a la falta de investigación y desarrollo en el sector a nivel internacional (Egan, 1998), dañando la industria y disminuyendo su capacidad de mantener tanto los procesos como las innovaciones tecnológicas.

Por ello, por un lado, es imprescindible que las aplicaciones tengan un uso lo más sencillo y amigable posible. Y, por otro, la Universidad debe formar a sus técnicos a un alto nivel no sólo en los aspectos de cálculo y dimensionamiento de sistemas constructivos, sino también en las metodologías más eficientes para la ingeniería, arquitectura y la gestión del proyecto. Por lo demás, existen hoy en día otras carencias que pueden verse superadas en el futuro, a medida que se vayan desarrollando investigaciones en este ámbito, ayudado además de los resultados de casos prácticos, en los que se irán descubriendo todas y cada una de las deficiencias de estas aplicaciones (como puede ser el intercambio de información con otras aplicaciones).

Con el tiempo los procesos y las herramientas BIM se convertirán en la corriente principal de los enfoques de mercado AEC, la demanda de profesionales cualificados BIM aumentará constantemente y de forma espectacular. Es deber de las universidades para adaptarse adecuadamente a las nuevas exigencias de la sociedad que actualice sus planes de estudio a la vez que a sus egresados en profesionales, como los especialistas necesarios (Barison y Santos 2010)

6. Bibliografía

Aguilar García, María de la Cruz (2010). Drawing vs building information management from drawing to BIM.

ARCH-Vision (2009), European Architectural Barometer. Drs. Jan-Paul Schop, Gerwin Sjollema B.Ec.

Bur, K.L. (2009). Creative course design: a study in student-centered course development for a sustainable building/BIM class. Proceedings of the 45th ASC Annual Conference, Gainesville, Florida, April 1-4, 2009.

Becerik-Gerber B, Gerber David J, Kihong Ku (2011) "The pace of technological innovation in architecture, engineering, and construction education: integrating recent trends into the curricula" Publicado: febrero de 2011 a las <http://itcon.org/2011/24>

Casey M. J. (2008). "Work in progress: How building informational modeling may unify IT in the civil engineering curriculum." Proceedings of 38th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, IEEE, Saratoga Springs, N.Y., S4J 5-6.

CIFE. (November 22, 2007). CIFE Technical Reports [WWW document] URL <http://cife.stanford.edu/Publications/index.html>

Coloma Picó,E.(2008) <http://www.practicaintegrada.com/storage/tecnologiabim/>

Dean, R. (2007). Building Information Modeling (BIM): Should Auburn University Teach BIM to Building Science Students? Graduate Capstone, Department of Building Science, Auburn University.

Denzer A. S. and Hedges, K. E. (2008). From CAD to BIM: Educational strategies for the coming paradigm shift. In M. M. Ettouney (Ed.) AEI 2008: Building integrated solutions. Reston, VA: ASCE.

GARCÍA, F., PORTILLO, J., ROMO, J. y BENITO, M. 2008. Nativos digitales y modelos de aprendizaje. <<http://spdece07.ehu.es/actas/Garcia.pdf>

Hardin B. (2009). BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows, Indianapolis, Indiana, USA. Wiley Publishers.

McGraw Hill Construction (2010), "The business value of BIM in Europe"

McGraw Hill Construction (2009), "The business value of BIM"

Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants. On the Horizon, 9(5), 1-6. Disponible en línea : <http://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part1.pdf>

Sabongi F.J. (2009). The integration of BIM in the undergraduate curriculum: an analysis of undergraduate courses. Proceedings of the 45th ASC Annual Conference, Gainesville, Florida, April 1-4, 2009.

Sacks R. and 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*, ASCE, Vol. 136, No. 1, pp. 30-38.

Taylor J.M., Liu J., and Hein M.F. (2008). Integration of building information modeling into an ACCE accredited construction management curriculum. *Proceedings of the 44th ASC National Conference*, Auburn, AL, April 2-5.

Thomson D. and Miner R. (2007). BIM contractual risks change with technology. *Construction Executive*, 60-64. Available at: <http://www.constructionexec.com/Files/9.07Issue.pdf>

Wong A.K.D., Wong F.K.W. and Nadeem A. (2009). Attributes of building information modelling and its development in Hong Kong, *The HKIE Transactions*, Vol. 16, No. 2, 38-45.

Wong A.K.D., Wong F.K.W. and Nadeem A. (2011). "Building Information Modelling For Tertiary Construction Education In Hong Kong " febrero de 2011 a las <http://www.itcon.org/2010/27>

Woo, J. H. (2006). "BIM (Building Information Modeling) and Pedagogical Challenges". *Proceedings of the 43rd ASC National Annual Conference*, Flagstaff, AZ, April 12-14.

Young N.W., Jones S.A. and Bernstein, H.M. (2008). *SmartMarket report on Building Information Modeling (BIM): Transforming Design and Construction to Achieve Greater Industry Productivity*, McGraw-Hill, New York. USA.