

Trabajos colaborativos BIM en enseñanza de Grado en Arquitectura de la UEM

Agulló-deRueda, José^a; Jurado-Egea, José^b; Inglés-Gosalbez, Beatriz^c

^aUniversidad Europea de Madrid-Estructuras, jose.agullo@universidadeuropea.es, ^bUniversidad Europea de Madrid-Construcción, jose.jurado@universidadeuropea.es, ^cUniversidad Europea de Madrid-Instalaciones, beatriz.ingles@universidadeuropea.es,

Abstract

After the BIM implementation in specific subjects and increased individual use of BIM by students in transversal subjects, in the UEM School of Architecture, Engineering and Design (AED) we felt the need to teach students on how to work with BIM developing a project in a collaborative environment (PBL), in broader groups (15 to 25) organised by disciplines and during a short period of time (4 to 6 weeks).

This approach was implemented in order to participate in the BIM Valladolid Competition of 2016, as a first experience with UCLM and a few BIM professionals on June 2016. Afterwards, we applied this format on bachelor's students and implemented the three following editions in February 2017, May 2017 and February 2018.

In this paper we will describe the development of these three editions, their organization, time schedule, milestones, software used, goals, achievements and fails. The first editions were elective for students as a complementary activity in specific technical subjects, but the third was conceived as an compulsory academic activity in a transversal core subject. The learning outcomes confirm that students learn to work in a collaborative environment, to communicate and coordinate with others, enhancing their skills in BIM software and workflows.

Keywords: bachelor, colaborative, formation, Madrid, methodology, PBL. software, , UEM.

Resumen

Tras la implantación del uso del BIM en asignaturas específicas y tras el creciente uso del BIM individualmente por los alumnos en asignaturas transversales, en la Escuela de Arquitectura de la UEM se plantea la necesidad de enseñar a los alumnos a usar BIM en modo colaborativo en grupos amplios(15-25) divididos por disciplinas y trabajando sobre un proyecto común (PBL) en un período de tiempo establecido (4 a 6 semanas).

Este planteamiento se concreta con intención de presentarnos al Concurso BIM Valladolid 2016 y se hace una experiencia piloto con la UCLM y profesionales en junio de 2016. A partir de ahí se orienta a los alumnos de grado sin experiencia profesional y se experimenta en tres ediciones: febrero 2017, mayo 2017 y febrero 2018.

En este artículo se explicará el desarrollo de las tres ediciones, la organización, el calendario y los hitos, el software utilizado, las expectativas, los logros y los fracasos. Las dos primeras ediciones se realizan como optativa en paralelo a asignaturas específicas pero en la tercera edición se incluye como actividad académica en una asignatura transversal. El alumno aprende a trabajar colaborativo, a comunicarse y exigirse con otras personas y a utilizar software y metodologías de trabajo BIM.

Palabras clave: colaborativo, formación, grado, Madrid, metodología, PBL, software, UEM.

Introducción

La evolución del uso del BIM en la Escuela de Arquitectura de la Universidad Europea de Madrid (UEM) hasta el curso 2015-16 había completado las fases iniciales de enseñanza gratuita de los softwares más relevantes, charlas de demostración y difusión, uso en asignaturas específicas e incluso los alumnos estaban ya utilizando flujos BIM en el desarrollo de sus proyectos de tecnología e incluso en algunos fines de grado y master, pero a modo personal [1] [2] [3].

En ese momento se consideró interesante iniciar una nueva fase de implantación y realizar un experimento de trabajo colaborativo uniendo lo que se ofrecía en las diferentes asignaturas por separado y explorar las sinergias y dificultades inherentes [4] [5]. Como elemento motivador se evaluó presentarse al concurso BIM-Valladolid cuya propuesta de trabajo se consideró muy prometedora. Se contactó para ello con las Universidades de La Coruña (José Vázquez) y Castilla La Mancha (Francisco Castilla, UCLM) y finalmente se realizó una experiencia piloto con estos últimos en el campus de Villaviciosa de Odón (Madrid) de la UEM en junio de 2016.

La experiencia fue muy interesante desde muchos puntos de vista, pero para el aprendizaje de los alumnos de grado no resultó del todo satisfactoria. En un grupo de trabajo tan amplio, en los que casi todos los miembros son profesionales que tienen muy claro qué hacer, el alumno de grado se encuentra perdido y no sabe qué pieza del puzle le toca ser. La velocidad de toma de decisiones que tiene un profesional no la tiene un alumno de grado. Para el alumno cualquier decisión es algo nuevo que le ofrece inmensas dudas. Por tanto, había que adaptar el formato para que resultara útil para su formación.

Con lo aprendido en el experimento con la UCLM se organizó durante años siguientes los denominados "Trabajos de Flujo BIM", orientados a alumnos de grado y organizados por el ClubBIM. El ClubBIM de la UEM se formó en el curso 2015-16 como club de estudiantes y profesores. Allí se reúne la nueva masa crítica de alumnos interesados en BIM y se organizan talleres y cursos extracurriculares de manera autónoma con cargo al departamento de Arquitectura (Fig. 1)



Fig. 1 Trabajo semanal por grupos. 2ª Edición.

1. Primer Trabajo de Flujo BIM en febrero de 2017

La actividad se diseñó optativa, pero aportaba nota extra en las asignaturas de Sistemas Técnicos (de 4º y 5º. Asignatura de integración de las tres áreas tecnológicas; construcción, estructuras e instalaciones), Análisis de Estructuras (de 2º) e Instalaciones (de 2º). Se inscribieron 19 alumnos de los que el 47% utilizaba ya algún programa de modelado BIM. Se realizó en 4 semanas dedicando 3-4h a reunirse y

trabajar en el aula. Se utilizaron finalmente los programas Revit, Cype-instalaciones, Tricalc, Sketchup, Design Builder y TCQ, optando por una amplia variedad de software para verificar los diferentes flujos de trabajo (Tabla 1).

Los problemas que se encontraron fueron los siguientes: por un lado la escasez de tiempo y la diversidad de software creó muchas dificultades a los alumnos, el 85% no sabían utilizar al inicio el propio software que fue seleccionado para cada tarea (no siempre coincidía con el software BIM que conocían); los alumnos no acabaron de tener claro la tarea que les correspondía ni a nivel personal como de grupo; las reuniones fueron poco efectivas porque a los alumnos les costaba salir de su trabajo personal; se constataron muchos problemas e interferencias geométricas así como de carencia o duplicado del modelado de elementos entre modelos IFC y no se llegó a realizar una documentación final; y el coordinador no consiguió aportar los criterios geométricos básicos ni aglutinar la atención y flujo de trabajo en las reuniones.

Tabla 1. Datos de la Primera edición

Grupo	Nº alumnos	Software
Interiores	3	SketchUp
Envolventes	3	Revit
Instalaciones	3	Cype
Estructuras	3	Tricalc
Costes	2	TCQ
Energía	2	Design Builder
Control geometría	1	Revit
Función	1	-
Coordinación	1	Tekla BIMsight

Tabla 2. Profesores implicados en la Primera edición

Profesor	Especialidad
José Agulló	Estructuras
José Jurado	Construcción
Beatriz Inglés	Energía-Instalaciones
Susana Moreno	Construcción

2. Segundo Trabajo de Flujo BIM en mayo de 2017

En la segunda edición se continuó con el perfil optativo con nota extra en las asignatura de Sistemas Técnicos (de 4º y 5º), Taller Integrado de Proyectos de Tecnología (de 5º. Asignatura común de Proyectos y Construcción), Sostenibilidad en el entorno construido (de 5º) y Dimensionado de estructuras (de 3º). Se inscribieron de nuevo 19 alumnos (solo un alumno repite) y ya el 58% utilizaba algún programa de modelado BIM. El plazo de la actividad en la segunda edición se alargó a las 5 semanas más un día previo dedicado a dar las nociones básicas de los programas que esta vez han sido fijados en función de los profesores que colaboran: Revit, Archicad, Cype-Instalaciones y Estructuras, Dialux, Design Builder, TCQ y Tekla BimSight (Tabla 2).

Gracias al aumento de plazo y al tiempo extra dedicado al manejo de los programas se mejoró en productividad y entendimiento entre grupos respecto la edición anterior, y se llegó a un modelo con todas las disciplinas aunque también con errores geométricos. Siguieron sin ser útiles las reuniones presenciales porque se constató que cuesta "sacar" a los alumnos del trabajo de su grupo, y el tiempo destinado al

desarrollo del trabajo, aunque aumentado, siguió reducido prácticamente al dedicado en la reunión presencial y muy enfocado a problemas particulares de software. Aunque se había aportado una lista exhaustiva de lo que debía realizar cada grupo y miembro cada semana, el alumno en general se desentendió y por tanto el coordinador, que es un alumno más, no sintió la potestad para obligarles.

Tabla 2. Datos de la Segunda edición

Grupo	Nº alumnos	Software
Interiores	3	Archicad
Envolventes	3	Revit
Instalaciones	2	Cype
Iluminación	1	Dialux
Estructuras	2+2	Cype
Costes	1	TCQ
Energía	2	Ecotec
Coordinación	1	Tekla BIMsight

Tabla 4. Profesores implicados en la Segunda edición

Profesor	Especialidad
José Agulló	Estructuras
José Jurado	Construcción
Fco Javier Avilés	Energía-Instalaciones
Yago Becerra	Construcción
Fco Javier Espejo	Iluminación
Jesús Hierro	Estructuras

3. Tercer Trabajo de Flujo BIM en febrero-marzo de 2018

En esta edición se incluyen los cambios más profundos tras el aprendizaje en las dos ediciones anteriores. El Trabajo pasa a ser parte de la asignatura de Sistemas Técnicos II (de 5º) y se dedica una hora y media de clase exclusivamente a las reuniones de coordinación. El resto del trabajo se realiza por los alumnos fuera del aula al igual que las consultas de software. Se inscriben 11 alumnos entre los que se encuentran 4 voluntarios: 2 alumnas de grado y 2 estudiantes del Curso de Postgrado BIM. Hay algún alumno voluntario adicional que participa virtualmente pero su aportación no ha quedado clara. El plazo de desarrollo del trabajo se aumenta a 6 semanas y de nuevo se marcan las tareas semanales por grupo, las entregas y los formatos correspondientes. El software se acota acorde a los profesores participantes y en aras de un adecuado flujo entre todos ellos: Revit, Archicad, Sketchup, Tricalc, Cype-Instalaciones, Ecotect y Tekla BimSight. También de forma puntual se usó SimpleBim y el grupo de coordinación trató de incorporar el formato BCF, con resultados aceptables (Tabla 3).

Este trabajo se desarrolla en paralelo con la Universidad INTI de Malasia, que desarrolla el mismo proyecto, pero con herramientas y sistema de trabajo diferentes e independientes de la UEM. El trabajo que se desarrolla por ambas universidades es autónomo, con el ánimo de poder realizar una comparativa de los resultados finales tanto en la metodología usada como en los flujos de los softwares utilizados.

Esta vez los resultados a nivel de madurez BIM y Proyecto han sido muy superiores. Se ha alcanzado a desarrollar la documentación básica, a disponer de un modelo de todas las disciplinas (casi) bien

coordinado geoméricamente y se ha insistido mucho en la transferencia y uso de los datos de los propios modelos y no solo en la geometría. Las reuniones semanales presenciales de coordinación han resultado vitales para la buena coordinación del trabajo y los alumnos han estado muy centrados en ellas, realizando el trabajo de modelado y documentación del grupo por su cuenta. En las reuniones se mostraba únicamente el trabajo realizado y se comentaban los logros y problemas, primero los profesores, luego coordinación y el resto de los grupos. La respuesta individual en estas sesiones ha estado muy enfocada al apoyo y ayuda al resto de participantes, resultando una experiencia real de trabajo colaborativo.

Tabla 3. Datos de la Tercera edición

Grupo	Nº alumnos	Software
Interiores	2	SketcUp
Envolventes	2	Revit
Instalaciones	2	Cype
Iluminación	1	Cypelux
Estructuras	1	Tricalc
Energía	2	Cype
Coordinación	2	Tekla BIMsight / Archicad

Tabla 6. Profesores implicados en la Tercera edición

Profesor	Especialidad
José Agulló	Estructuras
José Jurado	Construcción
Beatriz Inglés	Energía-Instalaciones

3.1. Organización

Se elige un edificio ya construido como referencia de trabajo, se aporta la documentación a nivel de Proyecto Básico y se pide que un desarrollo hasta nivel de Proyecto de Ejecución. Se forman varios grupos de diferentes disciplinas donde se anotan los objetivos que deben desarrollar cada semana y se pide a los alumnos que elijan grupos por orden de preferencia. Se asignan los estudiantes a los grupos y se empieza a trabajar.

Durante las semanas que dura el trabajo, se va pasando siempre por los mismos hitos:

- **Diseño**, donde de manera manual se hace el diseño de cada grupo con croquis, predimensionados, etc. El objetivo es pensar antes de trabajar.
- **Modelado básico**, donde se hace un primer modelo muy sencillo con el diseño previo. El objetivo es disponer ya de una primera versión de cada disciplina para componer un primer modelo federado y ver problemas sobre todo de posición y rotación de los modelos.
- **Simulación**, donde cada grupo utiliza el modelo para hacer la simulación que le corresponde. El objetivo es usar el modelo más allá de su geometría y verificar hipótesis iniciales (según disciplinas: dimensiones, ganancias, costes, plazos, etc.)
- **Modelado definitivo**, donde se recogen los cambios en el modelo que resulten de la simulación.
- **Documentación**, donde cada grupo debe preparar la documentación gráfica y escrita que explique y avale su trabajo.

3.2. Objetivos

Los Trabajos de Flujo BIM se organizan con varios objetivos docentes y otros no estrictamente docentes. Desde el punto de vista docente son los siguientes:

- Que los alumnos aprendan y participen en un simulacro de realización de un proyecto de ejecución, seguramente la primera vez que lo vean en su carrera.
- Que aprendan a trabajar en modo colaborativo con otras personas que participan en el mismo Proyecto pero con objetivos diferentes. Que aprendan a comunicarse y a dar a entender sus criterios técnicos.
- Qué entiendan que es BIM y todas las herramientas de software que lo acompañan, así como el manejo de los flujos entre estas.
- Qué aprendan a usar alguna de las herramientas del entorno BIM que se les facilitan o que mejoren su conocimiento si ya sabían usarla.
- Saber cómo los alumnos se desenvuelven en entornos colaborativos.

Desde el punto de vista no docente a los profesores nos sirve para:

- Probar las capacidades de los diferentes software.
- Probar la interoperabilidad de las diferentes herramientas de software.

3.3. Grupos de trabajo

Los grupos se han ido modificando a lo largo de las tres ediciones y dependen en gran medida de las asignaturas y profesores que se han involucrado. Normalmente se incorporan: Arquitectura (con Envoltentes e Interiores en parte interrelacionados), Estructuras (con cimentaciones), Instalaciones (redes de agua y saneamiento), Energía (evaluación del comportamiento pasivo del edificio y aportación de la climatización convencional necesaria) e Iluminación (vinculado a Instalaciones y Energía, y asociado a Interiores).

En las dos primeras ediciones se establecieron unos grupos de “áreas” que eran los responsables de modelado de las principales disciplinas y unos grupos de “evaluación” que se encargaban de simular el modelo de las anteriores. Y por encima de ambas el grupo de “coordinación”. En la tercera edición se han eliminado los grupos de “evaluación” porque complican aún más la comunicación entre grupos y actualmente cada grupo se encarga de la simulación de su modelo.

A cada grupo se le asignan unas tareas (Fig. 2) y unas entregas semanales con especificación del formato de entrega (IFC, PDF, etc..). En la primera edición se marcaron unas tareas muy genéricas pero en la segunda y tercera se ha indicado semana a semana lo que cada grupo tienen que hacer internamente, lo que debe entregar para usarlo los demás grupos y lo que debería recibir de los otros grupos para desarrollar el trabajo semanal. Aún con todas las tareas y entregas y formatos explicados y definidos, muchos grupos se despistaban semanalmente.

GRUPO ESTRUCTURAS: Tareas de cada SEMANA y por orden de prioridad.		
Semana	Trabajo	Entrega Domingos a las 23:59
1	<ol style="list-style-type: none"> DISEÑO ESTRUCTURAL. Croquis en planta y sección con posición y dirección elementos: forjados, pilares, vigas y arriostramientos. PREDIMENSIONADO. Tipologías y predimensionado de todos los elementos. Idea geométrica de los encuentros entre elementos estructurales. 	Croquis estructura, predimensionado y detalles en [JPG].
2	<ol style="list-style-type: none"> MODELO INICIAL. Modelo inicial. Geometría de la estructura con el predimensionado de todos los elementos. 	Modelo INICIAL en [IFC].
3	<ol style="list-style-type: none"> MODELO ANALÍTICO. Modelo en el programa de cálculo partiendo del modelo inicial. Repaso de geometría. Comprobación de apoyos, uniones e introducción de cargas. EVALUACIÓN DE CARGAS. Cuadros de cargas con desglose de capas y pesos. 	Cuadro de cargas en [PDF].
4	<ol style="list-style-type: none"> CÁLCULO. Cálculo de los elementos estructurales. Chequeo de la deformada. Esfuerzos y desplazamientos. Comprobación del dimensionado de los elementos. Armado de los elementos de hormigón. MODELO FINAL. Actualización del modelo geométrico con los cambios de dimensiones tras los cálculos estructurales. 	Modelo FINAL en [IFC].
5	<ol style="list-style-type: none"> AJUSTE MODELO. Según las revisiones realizadas «DESDE grupo COORDINACIÓN». PLANOS INICIALES. De plantas, secciones y despiece de los elementos de la estructura. Detalles del modelo, cad o mano alzada. DETALLES. Detalles de encuentro entre todos los elementos de la estructura y geometría básica de la estructura con el resto de áreas. 	Planos en [PDF]. Modelo ENTREGA [IFC].
6	<ol style="list-style-type: none"> PLANOS FINALES. De plantas, secciones y despiece de los elementos de la estructura. Detalles del modelo, cad o mano alzada. MEMORIA. Explicación, justificación de la solución estructural, montaje de la información proveniente del cálculo. 	Memoria en [PDF]. Planos en [PDF].

Fig.2 Tareas semanales de cada grupo. 3ª Edición.

3.4. Tiempos

Los tiempos razonables mínimos están en torno a 6 semanas: la semana 1ª dedicada al diseño, la 2ª al modelado básico para poder hacer un primer federado, las semanas 3ª y 4ª se destinan a la simulación y las dos últimas semanas, la 5ª y 6ª, se asignan a preparar la documentación (Fig. 3). En las dos primeras ediciones que solo se dejaron 4-5 semanas el plazo era demasiado ajustado.

La primera semana se dedica solo al diseño mediante el uso de croquis, extremo importante para entender que lo primero es un buen diseño consensuado antes de entrar en una definición más precisa. Si el proyecto no estuviera tan desarrollado como el seleccionado (proyecto de ejecución construido), esta fase debería crecer en tiempo. El modelo que empieza a desarrollarse en la segunda semana se va completando casi hasta la última semana. Las simulaciones requieren de esas dos semanas y en algunos grupos se ha excedido incluso este plazo por problemas con el flujo entre los softwares. Por último, la documentación resulta un proceso rápido si el modelo es correcto, y en la tercera edición algunos grupos lo elaboraron en la última semana, aunque el resultado dista todavía de ser profesional.

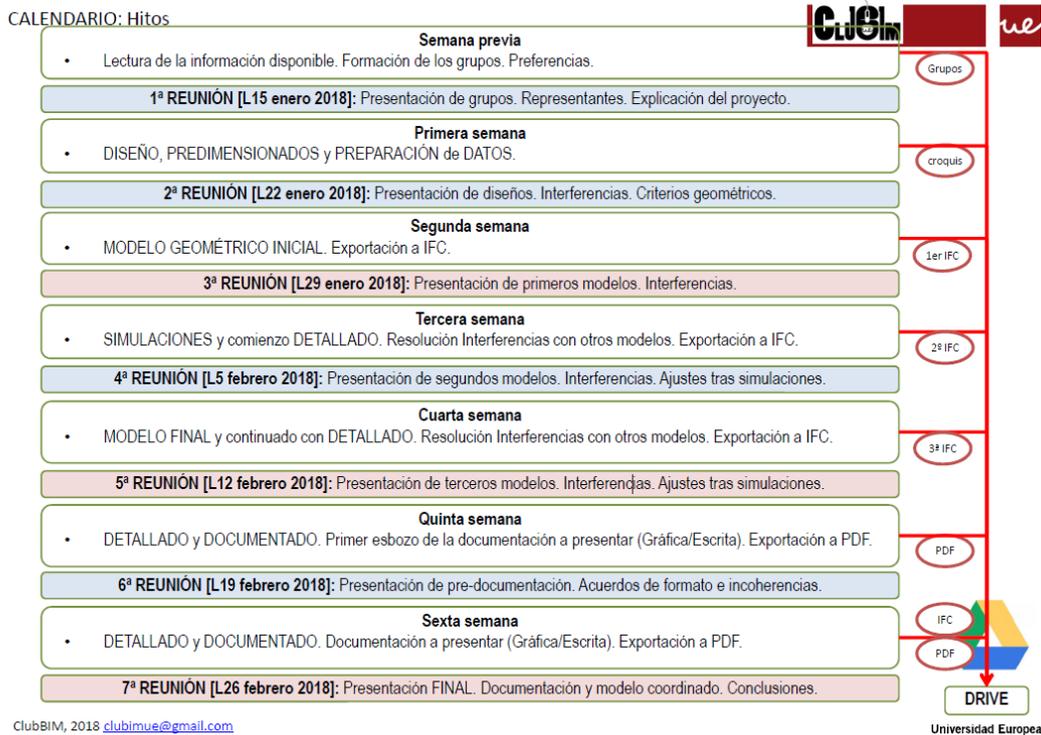


Fig.3 Organización semanal. 3ª Edición.

3.5. Edificios de partida

En cada edición se ha elegido un edificio diferente. En el primero (Oficinas Götz en Würzburgo de Martin Webler y Garnet Geissler, 1995) buscamos la sencillez, pero en un tamaño relativamente grande. En el segundo (Vivienda para artesanos de Le Corbusier, 1920) redujimos drásticamente el tamaño pensando que ello conllevaba más facilidad. Finalmente, en el tercero (Colegio Rincón Añoreta de Ramón Araujo, 1980) hemos vuelto a un tamaño intermedio, sencillo y con información técnica suficiente. El uso de cada edificio viene asociado siempre a la temática del curso de Sistemas Técnicos (oficinas, vivienda y docente respectivamente en cada curso).

Nos hemos dado cuenta que para desarrollar los objetivos que buscamos, necesitamos un edificio de dimensiones intermedias, pero que la dificultad real radica en la complejidad geométrica y diversidad excesiva de materiales y/o tipos constructivos más que en el tamaño del edificio.

3.6. Software

El software utilizado es básicamente el disponible en versiones gratuitas, educacionales y las instaladas en laboratorios informáticos de la UEM en su campus de Villaviciosa de Odón. Se intenta también fomentar el uso de software en la nube (MyLabs en su nomenclatura UEM) aunque los alumnos suelen tener problemas de organización y localización de archivos, y las versiones son del inicio del curso académico y no se actualizan hasta el siguiente y algunas veces se producen problemas de red o de número de licencias (si hay muchos alumnos conectados al mismo software).

En cualquier caso, se ha tratado de utilizar todo el software disponible para detectar al máximo problemas de interoperabilidad entre ellos y siempre tratando que alguno de los profesores participantes tenga conocimiento de él (Fig. 4).

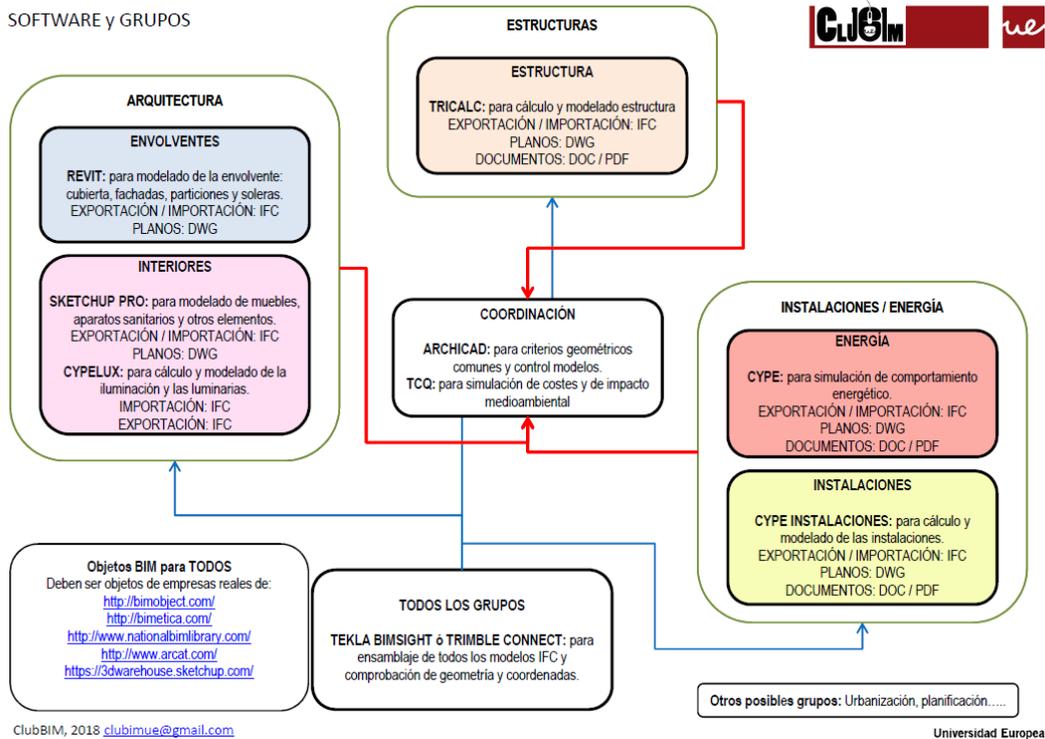


Fig.4 Organización de grupos y software. 3ª Edición.

Las experiencias más significativas con el software fueron las siguientes:

3.6.1. SketchUp

Siendo un programa muy rápido y fácil de aprender, exporta archivos IFC de un tamaño elevadísimo, del orden de 200Mb, unas 50 veces más que los otros softwares para un mismo orden de datos. Entran serias dudas de utilizarlo de nuevo ante las dificultades que ello conlleva porque ha obligado a hacer archivos independientes por plantas y a tratar de reducir el tamaño de los objetos con Rhino, con poco éxito.

3.6.2. Gestores/Visores BIM

Los programas habituales de gestión (TeklaBIMsight, Trimble Connect, A360, Solibri, etc.) gestionan muy bien las listas de interferencias y la federación de modelos, pero no habilitan para sacar planos donde se puedan etiquetar y acotar elementos. Se ha recurrido a modeladores arquitectónicos (ArchiCAD en la 3ª edición y Revit de manera no oficial en la 2ª) para obtener esta información de secciones acotadas y confirmación de datos importados de los diferentes IFC.

3.6.3. Los programas del entorno Cype

Frente a la amplitud de temas que cubren, tienen muchos problemas de comunicación en el entorno BIM. Por un lado, la exportación en IFC4, tanto *Reference View* como *Design Transfer View*, da problemas en la descripción de los límites de recintos al no estar incluidos. Esta prueba se hizo con y sin la familia de muros cortina, dando idénticos resultados de error, aunque en el IFC4 Reference View solo visualiza el muro cortina, y el IFC4 Design Transfer visualiza todo el modelo.

Se intentó la opción de generar el IFC desde el plug-in OpenBIM de Cype, pero también da los problemas de límites de recintos en CypeTherm Loads. En Cypetherm HVAC detecta el error pero autogenera los recintos con una geometría acertada, las cargas hay que introducirlas a mano al no generarse en Cypetherm Loads. Tampoco afecta a la parte de Cype plumbing y Cypelux.

Se importa el IFC en IFCbuilder de Cype, con errores geométricos que se editan y completan en IFCbuilder y se remodelan todos los recintos. Algunas familias no se interpretan correctamente, como los muros cortina.

3.6.4. Design Builder y Ecotect

Desde la versión 2017 de Revit, el plug-in de Design Builder para su operatividad correcta dejó de funcionar. Por esta razón en esta edición del trabajo se decidió dejar de trabajar con este programa que en ediciones anteriores si se incorporaba. Por tanto quedaba sin cubrir la simulación pasiva del edificio. Se optó en usar Ecotect ya que este lee formatos de archivos XML, aunque no se tenía muy claro cómo iba a ser la importación.

Se exportó en formato XML directamente desde Revit de dos maneras: usando configuración de energía o usando volúmenes de espacio de habitación/espacio. Las dos opciones no son leídas directamente por el Ecotect, pero se usó un programa de conversión UTF que cancela el proceso señalado como error omitiendo o reemplazando los caracteres mal formados.

Ambas opciones son importadas por el Ecotect pero la opción que usa la configuración de energía no cierra las zonas correctamente. La opción que usa los volúmenes de espacio de habitación/espacio funciona correctamente sin problemas, pero los materiales hay que volverlos a introducir.

Hay que tener en cuenta que el flujo es en un solo sentido y lo re-importado es solo geometría.

3.6.5. Tricalc

Es un software con buena comunicación BIM pero es un programa de simulación estructural y no tiene versatilidad en el manejo de la geometría. Es necesario retocar el modelo IFC para hacerlo realista en el caso de utilizar su modelo geométrico directamente y sin reelaborar por medio de un software de modelado.

3.6.6. TCQ

Elegido frente a Presto o Arquimedes por sus flujos de trabajo con IFC, el proceso de trabajo ha sido estudiado y ensayado, pero desgraciadamente no se ha llegado a realizar un presupuesto final completo por falta de tiempo.

3.7. Resultados

Tras las tres ediciones de Trabajo de Flujo BIM los resultados (Fig. 5) obtenidos se analizan desde tres puntos de vista: los relativos al aprendizaje de los alumnos de grado; los relativos al resultado del trabajo realizado; y los relativos al aprendizaje de la metodología BIM, tanto por los alumnos como por los profesores.

Al final de cada edición se prepara una encuesta (Google Forms) con unos ítems similares que nos permiten evaluar las opiniones de los alumnos y otros aspectos generales. Los resultados de cada edición ayudan a sacar conclusiones y a mejorar la edición siguiente.

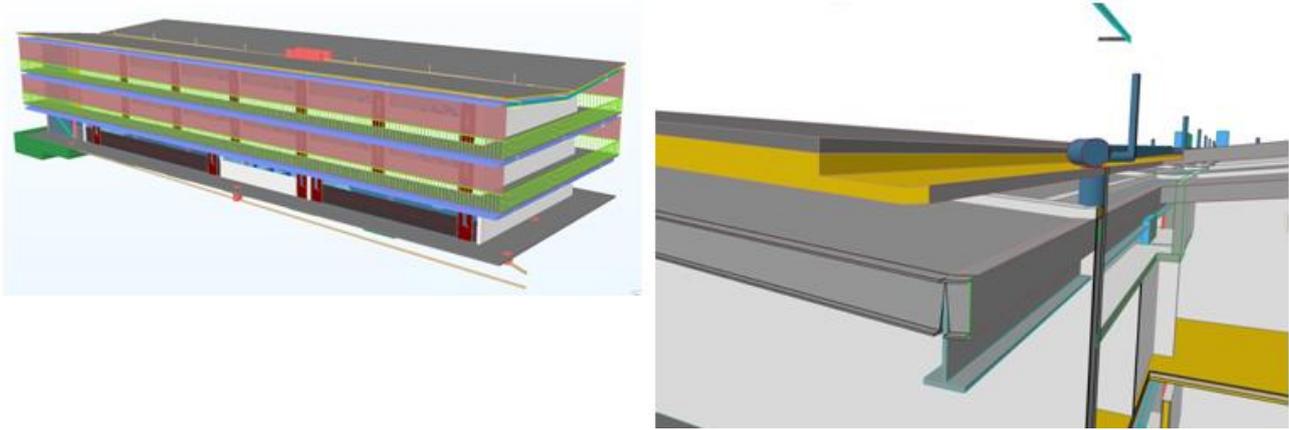


Fig. 5 Modelo federado en TeklaBIMsight. 3ª Edición y Errores en el modelo. Revisión en Archicad. 3ª Edición

3.7.1. Sobre el aprendizaje de los alumnos

Algunas conclusiones responden a las percibidas por los profesores sobre lo aprendido por los alumnos, pero otras provienen de las encuestas realizadas al terminar las tres ediciones.

Fortalezas:

- Los estudiantes valoran positivamente la experiencia de un flujo de trabajo complejo similar al de su futuro profesional.
- Los alumnos se auto-distribuyen en los grupos de trabajo. En un principio esta separación optativa se produjo por la atracción que cada alumno sentía hacia un tema. Ya en la primera semana se dieron cuenta de las necesidades y pronto se produjo una separación por fortalezas. En este momento comenzaron a comportarse como profesionales especializados en una misma dirección.
- Se fomenta el Aprendizaje Integrado dadas las sinergias e interferencias constantes entre las diferentes áreas técnicas y el propio plan arquitectónico.
- La combinación entre trabajo autónomo y trabajo en equipo permite un ajuste personal de cada estudiante y permite un desarrollo optimizado de múltiples Competencias Transversales: Aplicación práctica de conocimientos, Análisis y síntesis a través de la simulación de comportamiento técnico, Toma de decisiones, Solución de problemas y Planificación y organización.
- La incorporación de estudiantes voluntarios de Postgrado al grupo base de Grado en la 3ª edición ha incorporado madurez en el análisis de problemas y la sistemática de trabajo, más operativa y beneficiosa que la incorporación de profesionales BIM.

Debilidades:

- El estudiante en general tiende a realizar solo su parte del trabajo y el aprendizaje integrado se produce solo en las reuniones de coordinación y los puntos aislados de colisión con otros equipos. La tendencia personal a realizar un estudio autónomo del estado del conjunto (unir los diferentes IFC con visores BIM o software propio) es escasa.
- El grado de aprendizaje depende en gran medida de la implicación del estudiante ya que resulta fácil esconderse detrás de problemas técnicos (conocimiento de la herramienta, instalación de la herramienta, hardware disponible, conexión a internet, etc.)
- La complejidad del proyecto y entorno de software elegido debe adaptarse para equilibrar realismo y dificultad con un esfuerzo razonable y cierta percepción de logro final que promuevan la continuidad e implicación (relación beneficio formativo y esfuerzo realizado).

3.7.2. Sobre el resultado del proyecto

El resultado del trabajo se hace comparando con lo que debería haber sido el resultado de un trabajo profesional. Los resultados finalmente dependen en mayor medida del hecho de trabajar con el perfil de estudiantes de grado que debido al propio sistema de Trabajo en BIM:

- Solo en la tercera edición se llegó a la documentación gráfica del proyecto y no todos los grupos entregaron una documentación decente. La focalización en el modelo hace perder de vista que, hoy en día, es necesario sacar una documentación en formato tradicional imprimible. Es necesario que los alumnos tengan un tiempo para documentar que solo se ha dado en la tercera edición.
- Hay errores de coordinación geométrica entre los diferentes modelos incluso hasta en la última entrega. El principal problema es que pocos grupos hacen el esfuerzo de ver el resto del modelo, normalmente se centran solo en su modelo y es necesario darles las herramientas de visualización necesarias para que lo puedan comprobar. El Segundo problema es que algunos grupos inician su modelo sin tener en cuenta el punto de origen (0,0,0), ni la adecuación a los ejes acordados.
- Hay errores en la información indicada en cada elemento. Por un lado es problema de algunos software que no incluyen los datos necesarios ni siquiera en el nombre del elemento. Por otro lado los alumnos no son conscientes de la importancia de esto hasta que etiquetan algún elemento de otro grupo.
- Nunca se han llegado a obtener unas mediciones y un presupuesto terminados y correctos. Aunque el intento ha sido siempre arrancar las mediciones en paralelo con el resto de los trabajos, lo cierto es que hasta que el modelo federado no está terminado no es viable sacar una medición definitiva.

3.7.3. Sobre el aprendizaje del BIM

Las conclusiones consensuadas por los profesores han sido las siguientes:

- Es muy recomendable utilizar software que sea controlado por alguno de los profesores y que al menos un alumno de cada grupo tenga conocimientos de su uso.
- La operativa de software (licencias, instalación, exportación/importación básica, etc.) debe ser puesta a prueba antes del comienzo de la actividad porque produce unos retrasos y desánimos importantes.
- La interoperabilidad es muy problemática por diversos motivos. Los diferentes software se comunican en general de forma parcial, teniendo que volver a remodelar y definir partes del modelo. El IFC es un formato poco cómodo y no es fácilmente modificable y el principal problema es que se desconocen en profundidad los errores de comunicación con IFC que tienen los diversos softwares.
- No es razonable depender constantemente de plugins y conversores que funcionan en unas versiones y en otras no, modificando el protocolo de trabajo en cada una de las ediciones.
- Los programas de simulación (Cype, Tricalc, etc.) tienen limitaciones como modeladores de geometría por lo que sus IFC suelen tener que ser retocados, lo que no resulta fácil.
- Las reuniones con todos los grupos y todos los participantes son una herramienta clave del proceso. Les permite ver los problemas de su modelo en el conjunto y vislumbrar las ventajas del BIM para localizar errores de geometría y de datos. Las reuniones deben ser algo significativo e independiente, destinadas a la coordinación y corregir los errores. Es recomendable que los grupos comenten uno por uno, empezando por coordinación, pasando por los más relevantes geoméricamente (estructura y envolventes) y terminando por todos los demás.
- Es muy importante en el proceso que coordinación prepare adecuadamente la organización y los criterios geométricos de inicio: punto de referencia absoluto (0,0,0), ejes y caras de crecimientos, elementos a modelar por cada grupo, criterios de nomenclatura y organización de archivos y plantillas de documentos y planos. Interesa que la organización de carpetas y nomenclatura de archivos habilite para la mera actualización de archivos IFC (es el archivo antiguo retirado el que se numera v2, v3, etc.) para mantener enlaces y vinculaciones activas.

4. Conclusiones

En suma, en los tres enfoques (aprendizaje del alumno, resultados del proyecto y aprendizaje del BIM) los resultados son muy productivos, tanto por alcanzar sus objetivos como por aflorar problemáticas que permiten preparar y enriquecer aprendizajes futuros. La conclusión fundamental, en cambio, resulta de la estrecha imbricación y sinergias entre los tres enfoques que confirma el potencial de los flujos BIM como herramienta de aprendizaje integrado en Arquitectura.

A nivel práctico y como guía para otras experiencias, indicar que requiere de una preparación minuciosa previa en cuanto a software instalado y objetivos a completar así como una implicación importante de profesores de áreas muy diversas que puedan dar soporte a los alumnos en todas las disciplinas, dado que una vez el Trabajo se pone en marcha hay poca posibilidad de reacción.

A nivel humano se observa que los alumnos están muy acostumbrados al trabajo individual incluso en carreras tradicionalmente muy colaborativas como arquitectura. El aprendizaje para trabajar en colaborativo requiere también de herramientas docentes y BIM resulta hoy por hoy la herramienta más adecuada para ello.

5. Referencias

- [1] JURADO EGEA, J., LIÉBANA CARRASCO, Ó., & GÓMEZ NAVARRO, M. (2015). "Uso de BIM como herramienta de Integración en Talleres de Tecnología de la Edificación". In M. B. Fuentes Giner & I. Oliver Faubel (Eds.), EUBIM 2015 Congreso Internacional BIM (pp. 13–23). Valencia: Universitat Politècnica de València.
- [2] AGULLÓ DERUEDA, J., JURADO EGEA, J., INGLÉS GOSÁLBEZ, B. (2016). "Marco de implantación de Metodología BIM en titulación de Arquitectura" Congreso Internacional BIM / 5º encuentro de usuarios BIM. EUBIM2016. ISBN 978-84-9048-525-5. editorial Universitat Politècnica de Valencia, [Http://www.eubim.com](http://www.eubim.com). <http://hdl.handle.net/11268/6486>.
- [3] JURADO EGEA, José (2016). "Aprendizaje Integrado en Arquitectura con Modelos Virtuales". Tesis Doctoral. ETS Arquitectura. Univ. Politécnica de Madrid.
- [4] BOEYKENS, S., SOMER, P. De, KLEIN, R., & SAEY, R. (2013). "Experiencing BIM Collaboration in Education. Computation and Performance" Proceedings of the 31st eCAADe Conference (Vol. 2), 505–513. Retrieved from http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Show?ecaade2013_103
- [5] POERSCHKE, U., HOLLAND, R. J., MESSNER, J. I., & PIHLAK, M. (2010). "BIM collaboration across six disciplines The need for collaborative studios The organization of the collaborative BIM studio". Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, (Fruchter 2003).