



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

Los beneficios del BIM aplicado a la sostenibilidad  
en el proceso de diseño

Autor/es

Marta Sandoval de Gregorio

Director/es

María Belinda López Mesa  
Julia Martínez Guillermo

Escuela de Ingeniería y Arquitectura (EINA)  
2016



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D<sup>a</sup>. Marta Sandoval de Gregorio,

con nº de DNI 73023812 - P en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)  
Grado \_\_\_\_\_, (Título del Trabajo)

Los beneficios del BIM aplicado a la sostenibilidad en el proceso del diseño.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, 25 de Noviembre de 2016

Fdo: Marta Sandoval de Gregorio

# Los Beneficios del BIM aplicados a la Sostenibilidad en el proceso de diseño

Trabajo final de grado Arquitectura

Marta Sandoval de Gregorio

## A. INTRODUCCIÓN

1. Resumen
2. Abstract
3. Estructura del trabajo
4. Objetivos
5. Contexto

## B. ENFOQUE TEÓRICO

1. BIM
  - 1.1 ¿Qué es exactamente Building information modeling?
  - 1.2 Avance de CAD a BIM
  - 1.3 Fundamentos del modelado
  - 1.4 Papel del arquitecto en el futuro BIM
2. SOSTENIBILIDAD
  - 2.1. Construcción y rehabilitación sostenible
  - 2.2. Modelado de energía en el proceso del diseño

## C. ENFOQUE PRÁCTICO

1. Metodología de trabajo
  - 1.1. Revit
  - 1.2. Programas sostenibles
    - 1.2.1. Green building Studio
    - 1.2.2. Flow Design
    - 1.2.3. Light desinging e Insight 360
  - 1.3. Uso en certificaciones
2. Resultados
  - 2.1. Primer caso práctico, Villa dell'Ava
  - 2.2. Segundo caso práctico, Edificio Mozart

## D. CONCLUSIONES

## E. EPÍLOGO

1. Bibliografía
2. Índice de figuras
3. Anexos



## 1. RESUMEN

Este trabajo consiste en una investigación de la tecnología BIM, la cual se ha introducido en el sector de la arquitectura desde hace poco tiempo. Mediante un seguimiento de su trayectoria por el mundo hasta la implantación en España hoy en día, se pretende entender la manera en que esta nueva forma de trabajo nos aporta beneficios en el proceso del diseño de una construcción, optimizando el uso de nuestro tiempo. Finalmente resaltando cómo su implantación en el diseño está ligado al concepto de sostenibilidad, aspecto muy valorado en el mundo en la actualidad.

Para valorar este entendimiento, se realiza un estudio de algunas herramientas BIM aplicadas a la obtención de datos para un diseño sostenible. Para ello, se analizan dos casos (Villa dall'Ava de Rem Koolhaas y un edificio de 60 viviendas de próxima construcción) con formas de trabajo diferentes para poder tener una visión real y práctica de los resultados.

## 2. ABSTRACT

This project is an investigation of BIM technology, which has been introduced in the field of architecture since a short time. By tracking its trajectory through the world until the implantation in Spain nowadays, it is aimed to understand how this new way of working gives us benefits in the process of designing a construction, optimizing the use of our time. Finally highlighting how its implementation in the design is tied with the concept of sustainability, an aspect highly valued in the world today.

To assess this understanding, a study of some BIM tools applied to obtaining data for a sustainable design is carried out. For this, two cases are analyzed (Villa dall'Ava of Rem Koolhaas and a sixty household's building of next construction) with different ways of work in order to have a real and practical vision of the results.

### 3. ESTRUCTURA DE TRABAJO

El proyecto consta de tres partes diferenciadas.

La primera de ellas es una parte teórica que nos introduce en la temática, dando una explicación de los nuevos conceptos en desarrollo: BIM, sostenibilidad, modelo energético y los diferentes Certificados (BREEAM, LEED,...).

En la segunda parte se dará una breve explicación de las diferentes herramientas basadas en BIM y el valor que aportan aplicándolas a dos casos prácticos. En el primero se verá la aportación del modelado BIM en una obra de arquitectura del siglo XX, la Villa dall' Ava de Rem Koolhaas y en el segundo caso se analizará un edificio de 60 viviendas enteramente diseñado en BIM, desarrollado durante las practicas en un despacho de arquitectura.

Se utilizarán las distintas herramientas (Flow Design, Green Building Studio, Light Analysis,...) sobre este último modelo BIM, analizando los resultados obtenidos, su repercusión en el proceso de diseño y su uso para los requerimientos necesarios para la obtención de las distintas certificaciones. Tras una breve descripción y análisis de los resultados obtenidos en cada uno de los casos, finalmente se aportará una conclusión global sobre los beneficios de esta metodología de trabajo en el proceso de diseño arquitectónico.

## 4. OBJETIVOS

En los últimos años me ha impactado como la tecnología se está introduciendo realmente en el mundo de la construcción, de la edificación y del diseño arquitectónico. Sobre todo desde el punto de vista del diseño en el que estas herramientas están permitiendo crear modelos virtuales que nos ayudan a comprender mejor la arquitectura, desde una simple perspectiva sacada de un 3D a poder conocer los gastos de mantenimiento que se van a producir en un edificio durante su uso.

La metodología BIM la conocí hace dos años en la Universidad Politécnica de Turín, donde aprendí a utilizar un programa de modelado BIM (Revit). Desde ese momento fui consciente de las posibilidades de esta nueva forma de trabajo y de cómo podía afectar al diseño de la arquitectura en el futuro. He podido darme cuenta de que cada vez se está convirtiendo en un tema que no deja indiferente a nadie puesto que debido al avance de la sociedad, de los conocimientos y la importancia de la economía, debemos reinventarnos y ser más eficaces.

Este trabajo consiste en una profunda investigación sobre los usos y ventajas que nos proporciona utilizar estas herramientas y el concepto de sostenibilidad vinculada a esta nueva metodología de trabajo. Resaltando las ventajas que nos reportan en las diferentes fases de diseño y las posibilidades que ofrecen a la hora de realizar un diseño sostenible. Se ha decidido realizar el modelado BIM con el programa Revit ya que es el más extendido.

Además se pretende realizar un análisis de los diferentes aspectos comprendidos dentro del término sostenibilidad que se pueden analizar con estas herramientas (análisis de iluminación natural, viento, soleamiento, implicaciones económicas derivadas del cambio de diseño, evaluación energética...), para dar una primera aproximación hacia un diseño sostenible y su posible uso para la certificación BREEAM.

## 5. CONTEXTO

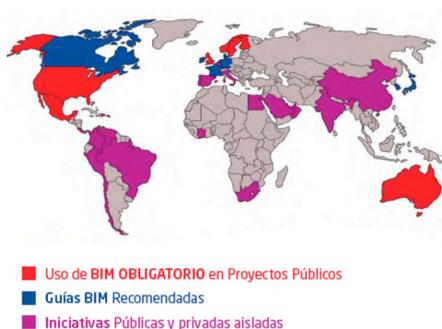
¿Cuanto puede evolucionar la arquitectura como consecuencia del avance tecnológico que acaecerá durante el siglo XXI? Parece que hay un amplio reconocimiento de que el diseño arquitectónico tendrá una base analítica cada vez más fuerte.

El modelado paramétrico de edificios podría proporcionar el impulso de incorporarnos a las nuevas necesidades en la profesión. Esta herramienta fue pensada para facilitar e integrar la evaluación de la funcionalidad, el rendimiento y el aumento de la complejidad. Esto da a los arquitectos mejor tecnología para integrar estos nuevos aspectos en el diseño con los procesos proyectuales que ya venían desarrollando.

La metodología BIM no es un concepto nuevo, surgió en el MIT en 1963 aunque a mediados de los 70 Charles M. Eastman (Universidad Carnegie Mellon, USA) la desarrolló como tal. En 1982 surgió el primer programa comercial (Archicad) y sucesivamente fueron apareciendo otros, Allplan en 1984, Revit en 2000, AECOsim en 2004, ... En 1996 nació una organización BIM, Internacional Alliance for interoperability (IAI), impulsada por Autodesk y cuyo objetivo era probar los beneficios de la interoperabilidad de esta metodología para la industria de la construcción. Más tarde en 2008 pasó a llamarse buildingSMART.

En Enero de 2014 la Unión Europea creó un Grupo de trabajo y se pronunció respecto al uso del BIM a través de "Directiva sobre contratación pública":<sup>1</sup>

- Art.22.- Para contratos públicos de obra y concursos de proyectos, los Estados miembros podrán exigir el uso de herramientas electrónicas específicas, como herramientas de diseño electrónico de edificios herramientas similares...
- Art.67.2. La oferta económicamente más ventajosa desde el punto de vista del poder adjudicador se determinará sobre la base del precio o coste, utilizando un planteamiento que atienda a la relación coste-eficacia, como el cálculo del coste del ciclo de vida con arreglo al artículo 68.
- Art.68.-El cálculo de coste del ciclo de vida incluirá...
  - i) los costes relativos a la adquisición,
  - ii) los costes de utilización, como el consumo de energía y otros recursos,
  - iii) los costes de mantenimiento,
  - iv) los costes de final de vida, como los costes de recogida y reciclado.



[Fig. 1] Mapa implantación BIM de 2014



[Fig. 2] BIM en Europa



[Fig. 3] BIM en España.

En España se creó una comisión BIM en 2015 cuyo objetivo es aumentar la productividad del sector de la construcción y ahorrar de forma significativa el gasto en mantenimiento de activos por medio del uso de sistemas BIM. Dicha comisión está liderada por el ministerio de fomento aunque hay un total de siete ministerios implicados. Sin embargo, la participación es abierta a todos los sectores con colaboración público y privada. La hoja de ruta aproximada que ha presentado la comisión fija como fecha límite para su petición en licitaciones públicas de edificación, Diciembre de 2018.

El 30 de Noviembre de 2015 se convocó en París la XXI Conferencia sobre el Cambio Climático, donde se actualizaron los objetivos del 20-20-20. Se mostró que el Sector de la Edificación (sector residencial, comercial, público y servicios y construcción de industrias) representa el 32% del consumo final de energía del planeta y casi un 20% de las emisiones de

<sup>1</sup> Jornada técnica: BIM, 7 de abril 2016

los Gases de Efecto Invernadero. Esta emisión podría reducirse bastante mediante una buena gestión eficiente de la edificación. Es aquí donde BIM adquiere un gran potencial como herramienta de diseño y mejora. BIM nos permite diseñar valorando el impacto del ciclo vital de nuestro edificio en el medio ambiente.<sup>2</sup>

Nadie niega que la arquitectura se está convirtiendo en un factor de gran importancia en las discusiones sobre la sostenibilidad, las diversas formas de salud pública y la seguridad. Tiene un papel directo con el confort humano y el bienestar. Tiene un enorme impacto en las necesidades de energía, de agua y de recursos, y posteriormente con el tratamiento de los residuos.

Las tecnologías que se ocupan de estos aspectos de bienestar general, se han recogido, desarrollado y aplicado por otras profesiones, por lo general dentro de la ingeniería. Como resultado, las decisiones dentro de la industria recaen en menor medida en la responsabilidad principal de la arquitectura. Esto debería cambiar.

El periódico El País se refiere a esto en este artículo:

*“Las tendencias en el sector de la edificación nos llevan a realizar proyectos más sostenibles, más eficientes. Proyectos en los que se combinen las nuevas tecnologías y la domótica, pero que al mismo tiempo sean ecológicos y controlen los gastos y la completa realización de cada parte y el trabajo de cada colaborador, limitándose el impacto medioambiental. Todo esto es posible con la Modelización Parametrizada BIM (Building Information Modeling). Una nueva metodología que permite construir edificios cada vez más integrados en el entorno, inteligentes, energéticamente eficientes [...]*

*En el caso de España, este nuevo modelo ofrece grandes oportunidades. En un país con un 21% del parque edificatorio construido antes del año 1950, el 55 % anterior a 1980 y el 90 % previo a las exigencias del Código Técnico Edificación, y que, además, empieza a levantarse de la crisis del sector; [...]*

*No sólo es recomendable, sino que dentro de muy poco será obligatorio. En la Unión Europea, el Parlamento ya ha solicitado a los países miembros que se adapten a esta modernización y nuestro Ministerio de Fomento ha decidido asumir el liderazgo del proceso a través de una comisión que se constituyó hace casi un año, el 14 de julio de 2015. Esta comisión se encuentra inmersa en un proceso que pretende impulsar la implantación de BIM en el sector de la construcción española, fomentar su uso con unos estándares nacionales y ya ha establecido un calendario para adaptar de la normativa y crear empleo en este entorno.”<sup>3</sup>*

El periódico ABC se refiere a esto en este artículo:

*“Tecnología BIM (Building Information Modeling): la más novedosa y eficaz tecnología de trabajo para la elaboración y gestión de proyectos. BIM está transformando la industria del diseño y construcción ya que con su uso puede ahorrar entre un 5 y el 15% del costo y tiempo de ejecución de las edificaciones.”<sup>4</sup>*



[Fig. 4] Extracto de la noticia de El País



[Fig. 5] Extracto de la noticia de ABC

<sup>2</sup> Artículo: Bimbarcelona.com. BIMi como nueva oportunidad de cambio, 2 Marzo 2016

<sup>3</sup> Artículo: ElPais.com/economia/vivienda. Javier Mendez, 15 Junio 2016

<sup>4</sup> Artículo: abc.es/tecnologia/informatica/software. Publireportaje, 25 Octubre 2016



[Fig. 6] Extracto de la noticia de La Razón

El periódico La Razón se refiere a esto en este artículo:

*“¿es posible visitar un edificio sin que se haya empezado a construir? Precisamente de eso se trata: «Lo principal es que no creas planos, pre-construyes el edificio», [...] se conjugan dos metodologías de trabajo novedosas para ahorrar tiempo y costes de construcción. Por un lado, se utiliza un software (llamado BIM; Modelado de Información para la Edificación) que complementa los planos, las mediciones y toda la información de la obra como si de una inmensa base de datos se tratara, con la visualización tridimensional y el cálculo de tiempo y costes; y por otro, se da salida a esta maqueta en un sala adaptada a la realidad virtual, donde se proyecta el edificio o la construcción en 3D, de tal manera que se puede pasear dentro del diseño a escala real.”<sup>5</sup>*



[Fig. 7] Extracto de la noticia de La Vanguardia

El periódico LA Vanguardia se refiere a esto en este artículo:

*“La Unión Europea (UE) ha establecido unas recomendaciones a partir de las cuales el Ministerio de Fomento ha establecido un calendario para la implantación del BIM en España.*

*Desde Fomento se recomienda el uso del BIM en todas sus licitaciones a partir de marzo de 2018 para, posteriormente, hacer que su uso sea obligatorio, explica la patronal.*

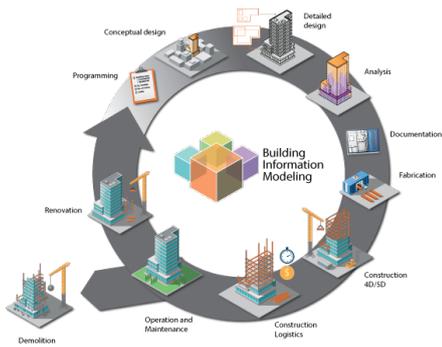
*De esta forma, a partir de diciembre de 2018 el BIM será obligatorio para las licitaciones públicas de edificación y desde julio de 2019, también lo será para las licitaciones públicas de infraestructuras. [...] Por ello, recomienda su implantación con el fin de que las empresas de ingeniería españolas estén a la vanguardia del uso del BIM y no pierdan competitividad frente a empresas extranjeras que ya lo incorporan.”<sup>6</sup>*

BIM no es una necesidad futura. Es una realidad que se va a implantar en España en un breve periodo de tiempo y los arquitectos debemos tener los conocimientos que permitan su uso como herramienta de trabajo.

<sup>5</sup> Artículo: [larazon.es/histórico](http://larazon.es/histórico). E.M.R., 23 de mayo de 2010

<sup>6</sup> Artículo: [lavanguardia.com/vida](http://lavanguardia.com/vida). EFECOM, Madrid, 19 oct 2016





[Fig. 8] Agentes que intervienen en un modelo virtual



[Fig. 9] Esquema dimensiones de BIM

## 1. BIM

“BIM es el acrónimo de *Building Information Modeling* y se trata de una metodología de trabajo colaborativa para la gestión de proyectos de edificación u obra civil a través de una maqueta digital en la que intervienen todos los agentes”.<sup>7</sup>

Posibles usos de las herramientas BIM durante todo el proceso de creación:

- Visualización 3D
- Planos coordinados
- Detección de colisiones
- Mediciones exactas
- Planificación 4D
- Reducción sobre costes durante la construcción 5D
- Poner en valor la importancia de un buen análisis de sostenibilidad en las fases de diseño 6D.
- Facility management, (mantenimiento) 7D
- Probar varias opciones de diseño y ser capaces de optimizarlas en base a análisis virtuales.
- Ser capaces de preconstruir lo que imaginamos.
- Mejorar la comunicación entre los agentes que forman parte del ciclo de vida del edificio.

El objetivo final de BIM se está convirtiendo en el apoyo de la arquitectura sostenible y la creación de hábitats saludables, cómodos y productivos para las actividades humanas. La construcción virtual de modelos de información puede proporcionar una mejora de los diseños que construimos y nos ayuda a entender el impacto que tienen las edificaciones en el medio ambiente.

<sup>7</sup> [www.esbim.es](http://www.esbim.es)

## 1.1. ¿QUÉ ES EXACTAMENTE BUILDING INFORMATION MODELING?

BIM no es un software, ni un 3D, ni una base de datos, sino una metodología de trabajo que incluye las tres anteriores. El acrónimo BIM en primer lugar se refiere, como hemos hablado anteriormente, a Building Information Modeling. Su traducción es modelo de información de la construcción ya que no está referido solamente a los edificios sino a todas las construcciones, puentes, túneles, museos, etc. ...

Para llegar a un modelo BIM de una construcción se debe seguir una metodología de trabajo durante todo su ciclo de vida ya que el BIM abarca no solo el proyecto y su obra de construcción, sino también las condiciones del emplazamiento y una fase posterior de explotación, terminando con su demolición o reciclaje.

Durante la fase de diseño el modelo BIM representa una reconstrucción virtual del edificio. Durante la fase de ejecución el modelo se actualiza con datos reales generando una maqueta virtual precisa del edificio. Durante la fase de explotación el modelo se actualizará con las modificaciones y rehabilitaciones. Finalmente en la fase de demolición podremos conocer los materiales existentes y por lo tanto optimizar su reutilización o reciclaje.

Se trata de una forma de trabajo, en el que existen diferentes programas o herramientas de trabajo con base paramétrica. Las herramientas BIM no solo abarcan el proceso del modelado sino que gracias a la información que introducimos previamente podemos obtener resultados directos y precisos según nuestros requerimientos.

Está transformando radicalmente el proceso de diseño y las normas de construcción, suministro y operación. BIM es la tecnología hito que altera drásticamente la forma en que los participantes del diseño trabajan e interactúan, y la exclusión voluntaria no es una opción real. Las herramientas basadas en ella permiten un conocimiento más profundo del diseño y una construcción más sostenible.

## 1.2. AVANCE DEL USO DE CAD A BIM

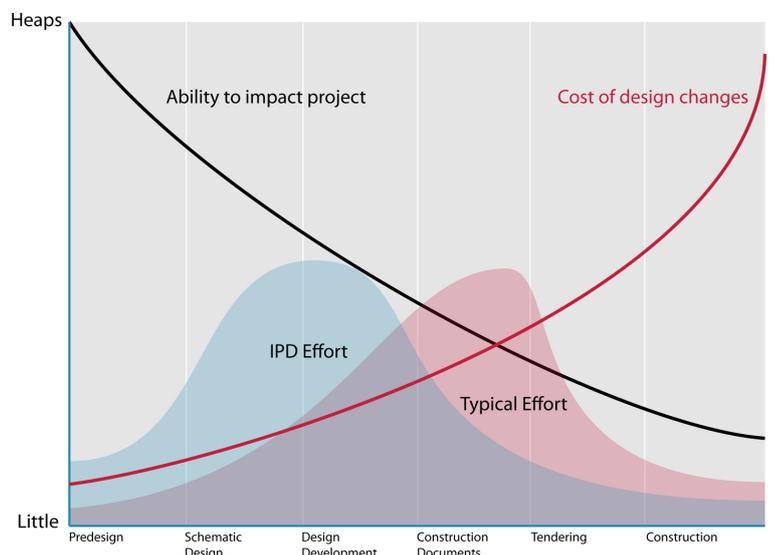
BIM no es CAD. Pasar de trabajar a mano a trabajar con CAD, es decir, a ordenador, no supuso realmente un cambio de mentalidad sino de herramienta. En algunos aspectos BIM, es una progresión natural en la evolución de la práctica hacia el trabajo en equipo. Sin embargo, es mucho más que CAD. Está revolucionando la forma en que los profesionales construyen y documentan su trabajo, incluso cambiando la naturaleza del proceso de diseño.

La fiabilidad de la conexión entre toda la información de un proyecto es siempre muy alta, puesto que toda ella se encuentra en un modelo central cuando necesitamos realizar algún cambio, automáticamente se actualiza. Es decir, si se mueve un muro de la planta, este con sus mismas características ya establecidas simplemente se moverá en el modelo y la superficie de los espacios, las secciones, los cálculos, etc.... serán sustituidos automáticamente por el nuevo resultado. Este movimiento en una planta de CAD podríamos imaginarnos el tiempo de trabajo que conllevaría.

¿Porqué no han cambiado ya su forma de trabajo los estudios de Arquitectura? Esta situación se debe al miedo al cambio producido por las nuevas herramientas, falta de conocimientos a la hora de interpretar la información obtenida y a la reestructuración de los equipos de trabajo.

El cambio en el proceso de diseño tiene grandes beneficios económicos como se puede ver en el gráfico conocido como la "curva MacLeamy" que introdujo Patrick MacLeamy, CEO de HOK (Hellmuth-Obata-Kassebaum, una de las mayores firmas de arquitectura del mundo). Se muestra que las decisiones tomadas al principio del proyecto durante la etapa de diseño pueden ser hechas a un bajo costo con grandes beneficios debido a la gran cantidad de información que podemos manejar en etapas más tempranas del mismo.<sup>8</sup>

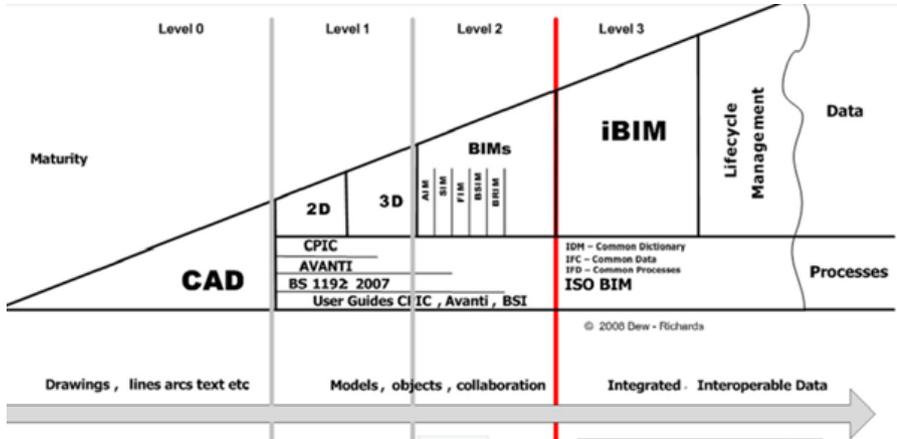
- La línea negra indica la posibilidad de impacto sobre el coste y el diseño.
- La línea roja indica que el costo debido a los cambios durante la construcción es cada vez mayor a medida que avanza el proyecto.
- La sombra roja indica cómo tradicionalmente se distribuye el esfuerzo en la etapa de diseño y construcción.
- La sombra azul muestra cómo se distribuye el esfuerzo con una metodología BIM en la que se integran todos los agentes.



[Fig. 10] Curva MacLeamy

<sup>8</sup> Jornada técnica: BIM, 7 de abril 2016

La implantación de la metodología BIM en nuestra sociedad se va a producir de manera progresiva y como ya hemos dicho en el apartado de contexto se están creando comisiones para gestionar esta transición. Si tomamos como ejemplo a Reino Unido, diseñaron en el 2014 unos niveles de implantación y unas normas para regular el cambio.



[Fig. 11] Implantación BIM en Reino Unido

- Nivel 0: Estado en 2014. Trabajo tradicional.
- Nivel 1: Periodo de aprendizaje de convivencia entre el CAD y el BIM. Se empieza a redactar las normativas.
- Nivel 2: Estado en 2016. Todos los proyectos públicos se deben entregar en BIM y de acuerdo a las normativas establecidas.
- Nivel 3: Total interoperabilidad y mantenimiento del ciclo de vida.

### 1.3. FUNDAMENTOS DEL MODELADO

Sería inexacto caracterizar la construcción del modelado de información como una idea nueva, o simplemente como una evolución del software anteriormente utilizado en arquitectura. Se trata de una novedosa forma de modelado tomada del mundo de la ingeniería.

Su reconocimiento se remonta a los primeros constructores, arquitectos-contratistas, que previeron para sus clientes algo más que una casa grande para propósitos ceremoniales o religiosos. Esto era una transición notable ya que no sólo logró crear una nueva profesión, una clase media de artesanos y de trabajadores, sino que fuertemente marcó una línea divisoria entre la arquitectura vernácula, donde todo el mundo tenía la información y las habilidades comunes necesarias para construir sus propios hogares y la "arquitectura" que emplean especialistas y conocimiento arcano.

Los proyectos complejos de gestión de construcción como las pirámides, las obras de ingeniería de los acueductos, las altísimas catedrales, y los primeros rascacielos antes de la invención de los ordenadores, también dependían de "la construcción de modelos de información." En cada uno de estos casos, el arquitecto-contratista había creado un modelo mental, representaciones físicas, y dibujos para informar al cliente, desarrollar el diseño, y comunicarse con los comerciantes y los trabajadores no cualificados.<sup>9</sup>

López - Mesa se refiere a la evolución del dibujo a la materialización en un modelo en este texto:

*"Los artesanos fueron capaces de producir objetos bellos y complicados sin la necesidad de diseñarlos. Esto es porque el conocimiento detrás de un producto artesanal es el resultado de numerosas pruebas 'ensayo y error' durante muchos siglos [Jones 1992]. Diseñar mediante el dibujo sustituye la forma original para crear productos. Consiste en la realización de dibujos a escala de lo que se va a construir y planificar el proceso de producción. La actividad de 'ensayo y error' es llevado a cabo antes de la producción. El dibujo a escala se utiliza para experimentar y cambiar. Esto trajo nuevas posibilidades como la división de las partes, la construcción de objetos más grandes, etc. Jones explica sucintamente el objetivo que tenía el diseño mediante el dibujo: "El diseñador puede ver y manipular el diseño en su conjunto y no es impedido, ya sea por el conocimiento parcial o por el alto costo de alterar el producto en sí, de hacer cambios bastante drásticos en el diseño. Haciendo uso de su regla y compás se pueden trazar rápidamente las trayectorias de las partes móviles y pueden predecir las repercusiones que el cambio de la forma de una parte tendrá sobre el diseño como un todo. Esto bien puede ser la razón por la cual los diseñadores, casi solo entre los especialistas de la industria moderna, son 'totalistas' en lugar de 'atomistas', defendiendo sus creaciones como entidades individuales que deben ser o bien aceptadas sin modificación o reconsideradas desde cero "[Jones 1992].*

*Muchos de los productos actuales son demasiado complejos para ser desarrollados a través del diseño mediante el dibujo. Antes de que los artefactos puedan ser dibujados, los proyectistas deben diseñar el concepto en sí. Se lleva a cabo el por 'ensayo y error' antes de dibujar. Hubka y Eder han definido la actividad de diseñar como "pensar en el futuro y describir una estructura que aparece como (potencial) portadora de las características deseadas (propiedades, en particular las funciones) "[Hubka y Eder 1996]. La separación entre el 'ensayo y error' y el dibujo ha traído la posibilidad de compartir el trabajo de diseño conceptual por varias personas o equipos."<sup>10</sup>*



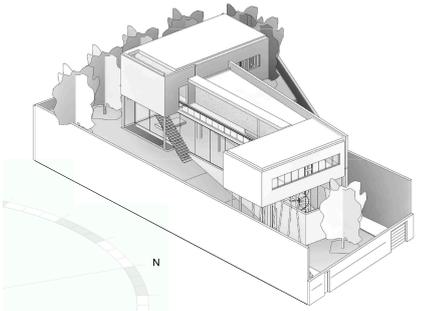
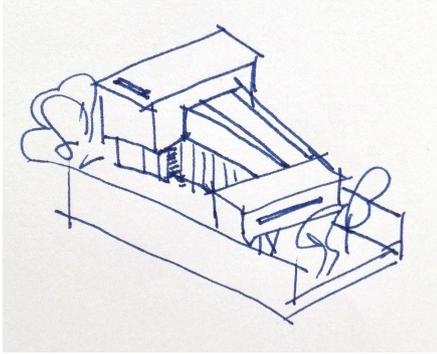
[Fig. 12] 'La cabaña rústica' en el que Marc A. Laugier hace referencia al hombre primitivo y a su instinto de buscar cobijo hasta que se inventó la cabaña rústica y cuyos principios son imitación de los procesos naturales.



[Fig.13] Arquitectura vernácula.

<sup>9</sup> Traducción propia: Building information modeling – BIM en current and future practice, Karen M.Kensek, LEED BD+C, Assoc. AIA, Douglas Noble, FAIA, Phd. Introduction: On the Theory and Practice of BIM.

<sup>10</sup> Traducción propia: Selection and Use of Engineering Design Methods using Creative Problem Solving Principles, March 2003, Belinda López-Mesa.



[Fig. 14] Ejemplo de paso de dibujo a mano a vista 3D del modelo virtual de Villa dall'Ava.

Este fragmento nos hace ver que el futuro de los procesos de 'ensayo y error' de los diseños de los productos han ido evolucionando mediante la tecnología a un diseño virtual en el cual se pueden realizar los ensayos directamente en esta herramienta, evitando errores en el campo real.

El modelo de diseño virtual es una de las primeras versiones de BIM. También ahora se pueden producir las perspectivas utilizadas por los constructores renacentistas y modelos incluso físicos a través de la impresión 3D. Esto ayuda a la comunicación entre los equipos de diseño, construcción y gestión de instalaciones. Se permite la colaboración, análisis y control del proceso. Los fundamentos teóricos, sin embargo, siguen siendo los mismos y se basan en la idea de que la arquitectura más antigua trasciende lo mundano y que los diseñadores-constructores necesitan herramientas para traducir sus modelos mentales a sus colaboradores para alcanzar sus visiones.

## 1.4. PAPEL DEL ARQUITECTO EN EL FUTURO DE BIM

¿Deberían preocuparse los arquitectos por el modelado virtual?

*"La tecnología está desatando una nueva ola de creatividad para la construcción de edificaciones e infraestructuras y en este proceso la comunidad de diseñadores está contribuyendo a que las ciudades del futuro sean más sostenibles, habitables y económicamente viables",* afirma Amar Hanspal (Vicepresidente senior de Modelado, Información y Grupo de Plataformas de Autodesk).<sup>11</sup>

*"La estrategia de cuatro años de este Gobierno para la implementación del BIM cambiará la dinámica y los comportamientos de la cadena de suministro de la construcción, desbloqueando nuevos modos de trabajo más eficientes y colaborativos. Toda la adopción sectorial de BIM nos pondrá a la vanguardia de una nueva era de la construcción digital Y la posición del Reino Unido para convertirse en los líderes mundiales en BIM "* afirma Francis Maude (Minister for the cabinet Office).<sup>12</sup>

La sociedad cada vez exige proyectos en menor tiempo de desarrollo y menor presupuesto ya que existe más competencia de servicios en la actualidad. Y el BIM nos brinda la oportunidad de poder dedicar más tiempo al análisis y diseño y menos a la producción de planos e informes. Es por esto que el papel de los arquitectos debe ser el de capacitarse con estas herramientas ya que nos van a permitir la realización de proyectos de mayor calidad.

El futuro de la industria de la construcción es digital y BIM es el futuro del diseño y la gestión de instalaciones a largo plazo. La estrategia para la construcción de la edificación se debe dirigir a conseguir menores costos, una entrega más rápida y menores emisiones.<sup>13</sup>

El papel como arquitectos es desafiar el pensamiento convencional a través de la investigación crítica y nuestra capacidad para analizar problemas complejos. Los diferentes análisis de sostenibilidad realizados sobre los modelos nos llevan a conocer información durante el proceso de diseño que antes era muy difícil de determinar lo cual permite unos proyectos mas eficientes y de mayor calidad. El diseño arquitectónico ya no es una actividad independiente aislada de otras fases. La colaboración de todos los agentes implicados (Ingenieros de instalaciones, de estructuras, constructora,...) es una necesidad dirigida a obtener una construcción de mayor calidad y una obra de arquitectura integrada.

---

<sup>11</sup> [cadmiami.com/blog\\_arts\\_institute/rol-de-los-arquitectos-e-ingenieros-en-la-construccion-moderna/](http://cadmiami.com/blog_arts_institute/rol-de-los-arquitectos-e-ingenieros-en-la-construccion-moderna/)

<sup>12</sup> [bimtaskgroup.org/](http://bimtaskgroup.org/)

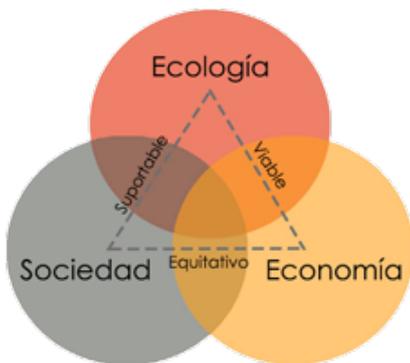
<sup>13</sup> What is Building Information Modelling (BIM)? 03 August 2016 | by NBS, thenbs.com

## 2. SOSTENIBILIDAD

"La sostenibilidad es la [emergente] doctrina que afirma que el crecimiento económico y el desarrollo deben llevarse a cabo, y mantenerse en el tiempo, dentro de los límites establecidos por la ecología en el sentido más amplio, por las interrelaciones de los seres humanos y sus obras, y la biosfera [...] de ello se desprende que la protección del medio ambiente y el desarrollo económico son complementarios y no procesos antagónicos". William D. Ruckelshaus. <sup>14</sup>

Estamos presenciando un cambio climático muy fuerte del planeta en el que vivimos, la Tierra. Va a haber un incremento de temperatura de 5° C y una subida del nivel del mar para finales del siglo XXI, además del incremento demográfico, lo que conlleva a una reducción de las materias primas necesarias del planeta. Los recursos son limitados, la disminución de la biodiversidad y sobre todo el aumento de las emisiones de gas efecto invernadero conllevan importantes problemas asociados. Esto que está ocurriendo a nuestro alrededor y la repercusión en un futuro nos afecta a todos, se trata de un problema predecible e irrecuperable.<sup>15</sup>

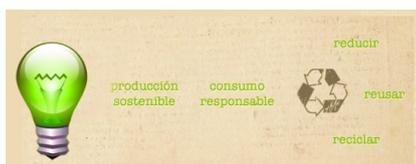
El concepto de Desarrollo Sostenible fue descrito en 1987 en el Informe de la Comisión de Bruntland como un "desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades".<sup>16</sup>



[Fig. 15] Términos dentro de sostenibilidad



[Fig. 16] Diseño ecológico



[Fig. 17] Producción sostenible

Con esta creciente toma de conciencia y atención a la sostenibilidad, el arquitecto del siglo XXI debe ser consciente de las tecnologías que predicen, prueban y cuantifican el rendimiento de los edificios. Hoy en día, la arquitectura se encuentra en una encrucijada, los materiales de construcción, junto con la operación y mantenimiento de edificios, representan una suma considerable de las emisiones de gases de efecto invernadero del mundo. Los mejores edificios han mostrado siempre una preocupación por su entorno inmediato y cómo encajan en él. Ahora, se espera de todos, los arquitectos y edificios que sepan acoplarse a las normas sostenibles.

El desarrollo sostenible está basado en combinar tres ámbitos de las actividades humanas, que son: económico, social y ambiental. El económico hace referencia a que una vivienda sostenible debe ser financieramente posible y rentable. También es necesario que exista cohesión social para conseguir objetivos comunes y bienes para todos. Y por último el medioambiental que se centra en la preservación de la biodiversidad.<sup>17</sup>

La palabra ecológico es fruto de la concienciación de la población para una vida más sana para ellos y su entorno. El eco-diseño cuida del medio ambiente, pero la sostenibilidad atiende también implicaciones sociales y económicas de los materiales utilizados. Se deben aprovechar los recursos naturales tanto utilizando materiales reciclados y así evitar el proceso de producción, como utilizando el sol, agua de la lluvia y energía eólica del viento (energías renovables). Se pretende generar una conciencia sostenible por medio del diseño arquitectónico. Por lo que nos encontramos en la situación de evaluar criterios sostenibles de las edificaciones, creando así diversos estándares de edificios, herramientas y sistemas, para obtener dicha evaluación.

<sup>14</sup> Artículo traducido: Scientific American, William D. Ruckelshaus, Septiembre de 1989

<sup>15</sup> Curso BREEAM ES ASOCIADO, COAA, 21 Junio 2016

<sup>16</sup> www.unesco.org; Educación, desarrollo sostenible.

<sup>17</sup> Artículo: Bimbarcelona.com. certificaciones ambientales en edificios.

## 2.1. CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN SOSTENIBLE

Una prioridad esencial en el futuro de la edificación es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero puesto que su construcción acapara alrededor del 40% del consumo energético mundial. Mejorando el diseño y el rendimiento de las construcciones se consigue la eficiencia energética que también es también una condición económica cada vez más importante para los propietarios inmobiliarios que quieren reducir los costes de explotación y prever mejor los gastos.

La directiva de la Unión Europea sobre el rendimiento energético de los edificios exige para 2019 la neutralidad energética en todos los edificios nuevos y la neutralización de las emisiones de CO<sub>2</sub> en todas las nuevas construcciones comerciales.<sup>18</sup>

Los modelos constructivos eficientes son aquellas edificaciones basadas en un modelo de adaptación con el entorno mediante técnicas de eficiencia energética en la construcción: bioclimatismo y utilización de energías renovables. Los estándares en edificios sostenibles definen una serie de variables los cuales determinan si el edificio cumple los estándares o no. Los más conocidos son:

- **Modelo Passive-House:** Son las edificaciones con la capacidad para reducir la demanda máxima para un espacio y el consumo primario de energía. Aun así requieren de una pequeña aportación energética para calefacción y refrigeración, teniendo que ser éstas inferiores a 15 kwh/m<sup>2</sup>·año respectivamente. Y una demanda de energía primaria total de 120 kwh/m<sup>2</sup>·año.
- **Zero-Energy Building:** El segundo modelo, y el cual se pretende establecer en todas las edificaciones públicas a partir de finales de 2018, son los edificios de consumo cero o prácticamente cero. Esto quiere decir que al final del año el edificio produce la misma energía que demanda. Todo ello mediante fuentes de energías renovables combinado con sistemas pasivos de construcción.
- **Energy-plus Building:** Este modelo hace referencia a las edificaciones que producen más energía de la que consumen. Produce más energía a partir de fuentes de energía renovables en un año, que las importaciones de fuentes externas. Para estar dentro de esta tipología el balance mínimo a final de año tiene que ser de una demanda de -25kwh/m<sup>2</sup>·año. Esta energía sobrante puede ser utilizada por ejemplo en infraestructuras públicas.

Por otro lado, la rehabilitación es tanto o más importante que la capacidad de crear nuevas edificaciones de baja demanda energética. Debido al volumen construido ya existente, que en éste país es de más de 25 millones de viviendas y es uno de los más obsoletos energéticamente (el 90% de los edificios son anteriores a la aplicación del Código Técnico de la Edificación y el 60% se construyeron sin ninguna normativa de eficiencia energética) y sumado al hecho que entre el 20 y el 33% del coste energético y producción de emisiones de un edificio se debe a su uso, es de primera necesidad actuar sobre él para mejorar la demanda energética en los edificios y el consumo que éstos producen.<sup>19</sup>

---

<sup>18</sup> Autodesk.es. Diseño sostenible

<sup>19</sup> Bimbarcelona.com, BIM como nueva oportunidad de cambio. 2 Marzo, 2016, Jaume Masip Perpinyà

Genua Díaz de Tuesta y López-Mesa se refieren al concepto de reutilización de la edificación en el libro 'Regeneración urbana. Propuestas para el barrio de San Pablo, Zaragoza' en este texto:

*“el reciclaje de la edificación puede estar motivado simplemente porque el edificio existe y permite el aprovechamiento de sus espacios y de su energía gris. La conciencia de la reutilización es parte de un nuevo modelo productivo y cultural basado en el equilibrio entre los factores sociales, ambientales y económicos. La Arquitectura no es ajena a este movimiento. La reutilización de edificios en comparación con el reciclaje o reutilización de materiales presenta ventajas sostenibles.”*

Más tarde hablan de las ventajas que ofrece como una mejora eficiente del aprovechamientos de los materiales :

*“la reutilización de edificios en desuso no requiere desplazamientos. Los materiales se encuentran en el lugar para sacarles su mejor partido. Reutilizar edificios es una práctica constructiva sostenible porque prolonga la vida útil de los materiales originales, con lo que la incidencia ambiental de su energía gris anualizada es menor.[...] Por tanto podemos decir que la reutilización de edificios en desuso puede ofrecer ventajas diversas, incluyendo la puesta en valor del patrimonio inmueble, de la carga simbólica de un edificio, del interés tipológico o constructivo, del potencial artístico de la construcción tradicional, de la localización estratégica, el desarrollo de zonas degradadas de a ciudad y el aprovechamiento de la energía gris.”<sup>20</sup>*

La rehabilitación energética de edificios existentes se considera como la solución más viable a largo plazo para la reducción de la pobreza energética. Está basada en reducir la demanda de energía del edificio, añadir fuentes de energías renovables y optimizar la gestión y los consumos de energía en la construcción reportando grandes beneficios ambientales y creando actividad y empleo.

---

<sup>20</sup> REGENERACIÓN URBANA. PROPUESTAS PARA EL BARRIO DE SAN PABLO, ZARAGOZA  
rehabilitar un local para revitalizar un barrio: aprendizaje basado en un caso real Begoña Genua y Belinda López-Mesa.

## 2.2. MODELADO DE ENERGÍA EN EL PROCESO DEL DISEÑO

"La energía es un tema de diseño, no un tema de tecnología ", Donald Watson , FAIA .<sup>21</sup>

BIM además de contar con herramientas de simulación puede ayudar a los arquitectos a lograr los objetivos de diseño sostenible, construyendo un entendimiento común, y demostrando los beneficios duraderos de integración energética , a nuestros clientes y a la sociedad en general .<sup>22</sup>

Juega un papel fundamental para tomar las mejores decisiones sobre el ahorro de energía mediante la introducción del modelo BIM en programas de análisis energéticos en las etapas tempranas de diseño.

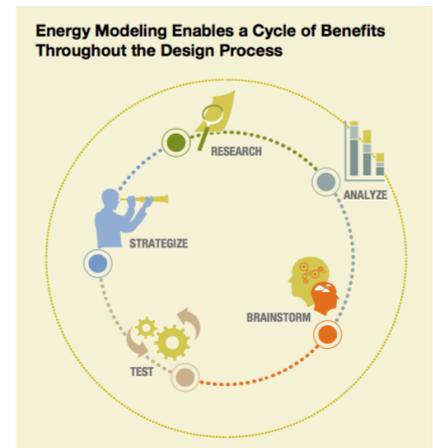
La construcción de modelos energéticos, Building Energy Modeling o Building energy simulation, nos permite simular el rendimiento energético dentro de un edificio. Los datos introducidos son indispensables para su creación, como por ejemplo, la orientación del proyecto dentro del emplazamiento desde el principio del diseño conceptual, estableciendo una ubicación que puede minimizar o maximizar la exposición solar en función de su beneficio. También los volúmenes de espacios y su organización, definida por los elementos del medio ambiente, determinan la cantidad de espacio acondicionado y establecen la zonificación y la carga de los sistemas mecánicos.<sup>23</sup>

Gracias a las simulaciones avanzadas, la visualización 3D y la coordinación de modelos, las decisiones que afectan directamente a la sostenibilidad de un edificio, se pueden introducir en las etapas iniciales de diseño como veíamos anteriormente en gráfica MacLeamy.

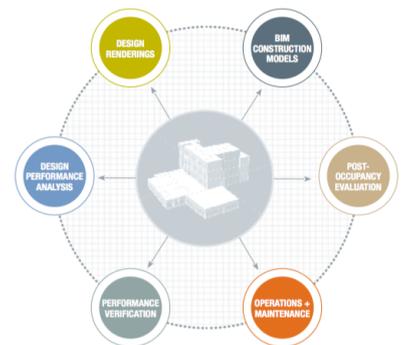
La Guía del Arquitecto para incluir la energía de modelado en el proceso de diseño ('An Architect's Guide to Integrating energy modeling in the design process', AIA 2012) expresa la necesidad profesional de integrar esta practica en beneficio de la sostenibilidad. Gracias al modelo BIM y las simulaciones energéticas tenemos el potencial para producir edificios mas eficientes. Introduciendo los datos de clima, envolvente, necesidades de iluminación, equipamiento, ocupantes e instalaciones podemos predecir los gastos energéticos que tendrá el edificio en el futuro. Utilizado de esta manera, el modelado permite a los diseñadores:

- Donde se producen las perdidas y ganancias de energía en un proyecto.
- Elegir qué opción de diseño será mas efectiva para reducir el consumo de energía del proyecto.
- Tener en cuenta cuestiones, tales como el confort de los ocupantes, el rendimiento, el costo y el horario.

"Cualquiera puede colocar obstáculos y barreras contra cualquier acción hacia el cambio, pero ahora es el momento para que tú y tu empresa marqués la diferencia.", Norman Strong, FAIA.<sup>24</sup>



[Fig. 18] Esquema beneficios modelado de energía



[Fig. 19] Esquema diseño de energía

<sup>21</sup> Traducción propia. Aparición en: An Architect's Guide to Integrating energy modeling in the design process (AIA 2012)

<sup>22</sup> Traducción propia: An Architect's Guide to Integrating energy modeling in the design process (AIA 2012)

<sup>23</sup> Traducción propia: Building information modeling – BIM en current and future practice, Karen M.Kensek, LEED BD+C, Assoc. AIA, Douglas Noble, FAIA, Phd. Energy Modeling in Conceptual Design.

<sup>24</sup> Traducción propia. Aparición en: An Architect's Guide to Integrating energy modeling in the design process (AIA 2012)



## 1. METODOLOGÍA DE TRABAJO

En esta fase vamos a realizar una comparación entre dos proyectos de edificación. El primero corresponde a un proyecto de arquitectura del siglo XX que introducimos en el mundo BIM y el segundo es un seguimiento de un proyecto real enteramente realizado en BIM. En este último veremos como se han utilizado las herramientas BIM para el análisis de la sostenibilidad y su posterior uso en la certificación BREEAM.

El primer proyecto es la Villa dall'ava, una obra de arquitectura del siglo XX proyectada por de Rem Koolhaas en 1991 en París. Elegí este proyecto ya que lo analicé en profundidad durante la carrera y quería evaluar su sostenibilidad mediante un modelo de energía. Para poder realizar los análisis, levante el modelo BIM mediante el programa Revit. Este proyecto tiene tres estructuras diferentes en tres áreas de la edificación:

- El primer volumen es el cubo de la habitación en voladizo dando sensación de ligereza.
- El segundo es un eje de columnas que se encuentran en el interior de la construcción conteniendo la piscina longitudinal de mas de 40 toneladas. No solo está sostenida por estas columnas sino también por un muro de contención en uno de los extremos.
- El tercer volumen está sujeto por las columnas apoyadas en diagonal.

El segundo proyecto se trata de un edificio residencial que consta de 60 viviendas en torno a tres bloques de escaleras en la calle Marqués de la Cadena en Zaragoza realizado por el estudio Ingennus Urban Consulting. Cuenta con una superficie diseñada de 10.500m<sup>2</sup>.

La elección de este proyecto se basa en mi estancia de prácticas en el curso escolar 2015-2016, donde pude tener un seguimiento del proyecto realizado enteramente en BIM por los profesionales del estudio y con la supervisión de la BIM Manager Julia Martínez y que se exigía una certificación BREEAM .

El manejo de estas herramientas, desde la concepción de la idea de proyecto hasta su pre-construcción como modelo virtual, ha permitido la obtención de los datos energéticos exigidos por el cliente de las diferentes opciones de diseño. Dentro de la certificación BREEAM se exigía un nivel muy bueno.



[Fig. 20] Fotografía del jardín, Villa dall'Ava

[Fig. 21] Fotografía de la piscina, Villa dall'Ava



[Fig. 22] Imagen Edificio Mozart

## 1.1. HERRAMIENTA DE MODELADO

Dentro del software BIM nos encontramos varios programas de modelado. Para los casos prácticos hemos elegido REVIT de Autodesk debido a que es el que tiene un uso más extendido dentro del sector de la construcción.

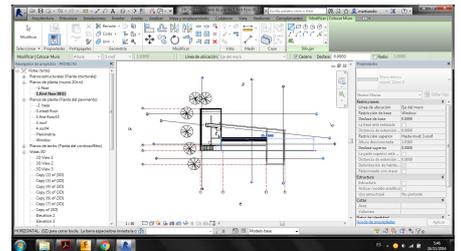
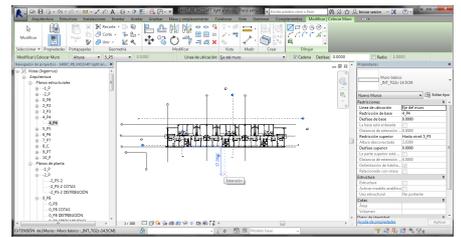
Es una herramienta compleja de entender y manejar en un principio pero de fácil y rápido manejo cuando se coge soltura. Sobre todo hay que tener cuidado al principio con el sobre modelado ya que nos puede llevar a realizar procesos una y otra vez. Por ejemplo modelar los falsos techos antes de tener determinada la distribución de las habitaciones.

El modelo BIM se basa en un modelo central de información en el cual arquitectos, ingenieros de estructuras e instalaciones, incluso paisajistas, urbanistas y cliente pueden acceder comprobando la información y mejorando la comunicación entre los mismos. Este modelo central también nos permita la obtención de unos datos siempre actualizados ya sea en forma de plantas, secciones, alzados, perspectivas, mediciones, colisiones Cabe resaltar que estos planos no son dibujos 2D sino vistas en sección del modelo sobre el que se trabaja.<sup>25</sup>

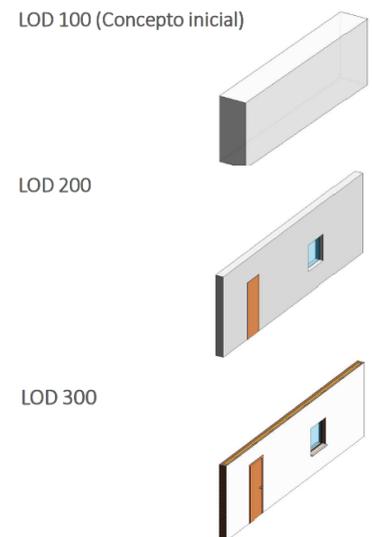
Uno de los fuertes es el diseño paramétrico representado por el uso de las familias paramétrica, es decir, la creación de elementos comunes en proyectos que mediante funciones que cambian sus dimensiones respetando sus proporciones. Y otro es el uso de programas como Dynamo o grasshopper automatizar rutinas mediante la parametrización.

Durante el proceso del diseño del edificio Mozart el nivel de detalle del modelo BIM fue avanzando dependiendo de los usos que requería cada una de las fases:

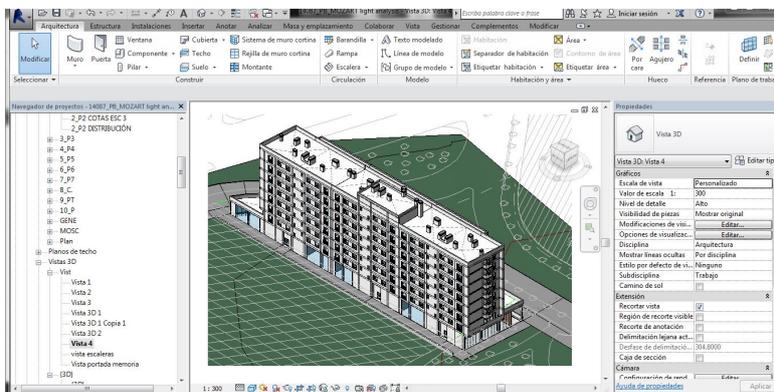
- FASE ESTUDIO: LOD 100-200. Una vez se modela el volumen básico ,se pueden analizar cantidad de variables gracias a estas herramientas. Podemos realizar esquemas de zonificación, superficies, soleamientos, análisis del flujo del aire e integración en el entorno, definiendo un volumen pero teniendo siempre en cuenta su superficie construida.
- FASE ANTEPROYECTO/ PROYECTO BÁSICO: LOD 200-300. Los objetivos del modelo en esta fase se centran en valorar las diferentes opciones de diseño y su repercusión económica y sostenible, además de obtener los planos necesarios.
- FASE EJECUCIÓN: LOD 300-350. Los objetivos a cumplir en esta fase se centran en el análisis de las colisiones entre las diferentes disciplinas, la obtención de mediciones y los planos necesarios.



[Fig. 23] Interfaz REVIT, Planta edificio Mozart  
[Fig. 24] Interfaz REVIT, Planta Villa dell'Ava



[Fig. 25] Esquemas representación de los LOD.



[Fig. 26] Interfaz REVIT, Vista edificio Mozart

<sup>25</sup> Traducción propia: Mastering Revit® Architecture 2010; Greg Demchak, Tatjana Dzambazova, Eddy Krygiel.

## 1.2. PROGRAMAS BIM SOSTENIBILIDAD

Para conseguir un diseño sostenible debemos basar nuestras decisiones en los análisis realizados a los modelos. Por ejemplo, muchas plataformas BIM simulan la posición del sol y pueden calcularla en cualquier momento del año permitiendo por ejemplo calcular la inclinación de las lamas en la fecha más desfavorable así como la penetración de la luz del día y la representación visual de la planificación helio térmica.<sup>26</sup>

Gracias a estos programas se extraen datos sobre los balances térmicos en los edificios averiguando que elementos tienen mayores pérdidas caloríficas. Podemos analizar también el impacto de nuestro edificio en los flujos de aires existentes. Se puede estimar la demanda climática y lumínica y gracias a estos datos se comparan soluciones y cambios.<sup>27</sup>

La última década ha visto un notable crecimiento en la industria del modelado de la construcción de energía, impulsado principalmente por los más estrictos estándares de eficiencia energética de los edificios y una mayor implicación de la sociedad en los programas de certificación voluntarias como LEED y BREEAM.

Vale la pena señalar que el programa clave de software de modelado de energía aún no se ha encontrado. Arquitectos y desarrolladores de software están todavía en esta búsqueda, y todas las herramientas tienen pros y contras. Las herramientas y los productos analizados en este trabajo son para su análisis y la idoneidad de un instrumento o producto dado variará en función de sus necesidades y circunstancias específicas.<sup>28</sup>

Introducimos ambos proyectos en cada uno de estos programas: Flow Design, Green Building Studio y Light analysis e Insight 360. Podemos observar como en la Villa dall'Ava, puesto que no estaba diseñado con este propósito desde un primer momento, podría haber cambios en cuanto a su rehabilitación energética. En el caso del edificio residencial de plaza Mozart ya se tuvo en cuenta estas condiciones de sostenibilidad.

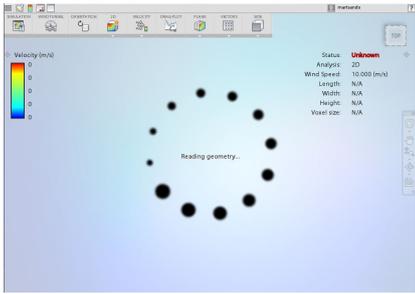
---

<sup>26</sup> Artículo: Bimbarcelona.com, certificaciones ambientales en edificios. 25 Mayo, 2016, Sara Ibañez Solano

<sup>27</sup> Artículo: Bimbarcelona.com, Implantación del BM en un proyecto de renovación energética

<sup>28</sup> Traducción propia: An Architect's Guide to Integrating energy modeling in the design process (AIA 2012) Sección 5, Herramientas Actuales.

### 1.2.1. FLOW DESIGN

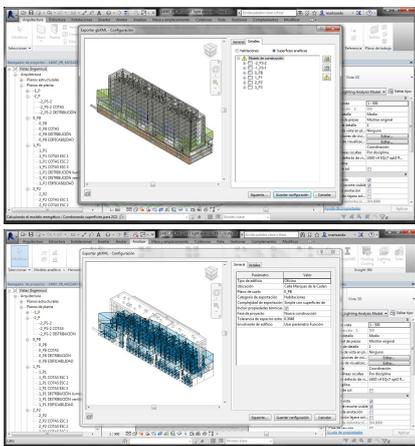


[Fig. 27] Interfaz Flow Design creando el modelo de aire.

Simula pruebas de flujo de aire y de túnel de viento alrededor de edificios, vehículos, equipos exteriores o cualquier otra estructura virtual. que permite entender fenómenos relacionados con el comportamiento de este al pasar por una estructura configurada (presión, velocidad, etc.) Gracias a la rápida generación de información y a los intuitivos controles se puede conocer mejor el diseño en las primeras fases del proceso de desarrollo. Explora dinámicamente los resultados en tiempo real del coeficiente de arrastre, los planos, las líneas de flujo y las superficies en 3D.

El programa tiene una interfaz muy simple. Consiste en un conjunto limitado de comandos y por lo tanto también está limitado en las opciones de ajuste de la simulación.

### 1.2.2. GREEN BUILDING ESTUDIO (GBS)

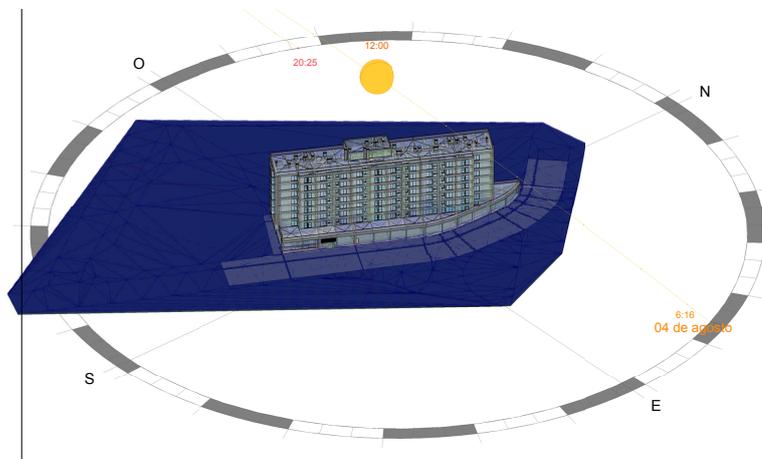


[Fig. 29] Exportar modelo en GbXML

REVIT ya tiene integrado la realización del modelo energético dentro del mismo programa. Además dispone del Green building Studio de serie Su particularidad es que el modelo energético se calcula en la nube de Autodesk, aunque nos permite realizar un análisis preliminar energético en volúmenes.

Esta herramienta basada en una conexión a través de un servidor en la nube. Permite realizar evaluaciones energéticas durante el proceso de diseño con el fin de proyectar edificios altamente eficientes que consuman niveles de energía muy bajos, o incluso próximo a cero. Los resultados son muy rápidos y permiten un diseño bioclimático muy eficaz para ahorrar energía. La salida de gráficos es visual con datos de consumo de energía. El servicio web de Autodesk genera de forma automática, los archivos de entrada detallados geoméricamente precisa de los principales programas de simulación de energía.

Ofrece funciones de análisis del uso de la energía, el agua y las emisiones de CO<sub>2</sub> que convergen con herramientas visuales de escritorio para simular y analizar a fondo el rendimiento del edificio. Gracias a la información coordinada intrínseca del proceso BIM, los arquitectos, ingenieros y diseñadores disfrutan de mayor rapidez y precisión al efectuar análisis, interpretar los resultados y explorar múltiples alternativas para realizar diseños de construcción más eficientes y sostenibles.<sup>29</sup>



[Fig. 30] Modelo energético, edificio Mozart

<sup>29</sup> Autodesk.es. Diseño sostenible

### 1.2.3. INSIGHT 360 Y LIGHT ANALYSIS

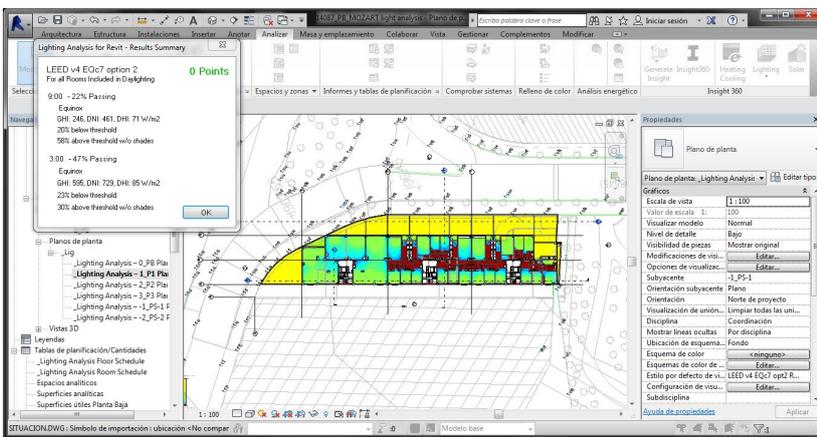
Un proceso en el que el software de modelado analítico utiliza el modelo de autoría de diseño BIM para determinar el comportamiento de un sistema de iluminación dado. Esto también puede incluir iluminación artificial (interior y exterior) y natural (iluminación natural y protección solar). Basado en este análisis se desarrolla y perfecciona el diseño de iluminación para crear sistemas de iluminación eficaces, eficientes y construibles. La aplicación de esta herramienta de análisis permite realizar simulaciones de rendimiento que pueden mejorar significativamente el diseño y el rendimiento de la iluminación de la instalación durante su ciclo de vida.



[Fig. 31] Análisis lumínico, Vista Edificio Mozart

Se visualiza e interactúa con indicadores clave de rendimiento, puntos de referencia, factores, rangos y especificaciones con retroalimentación de causa y efecto en tiempo real para guiar hacia mejores resultados. Modelamos en REVIT para generar información utilizando la creación automática de modelos analíticos robustos y la visualización de información de rendimiento directamente en el entorno de modelado.

Los motores de simulación para la energía de edificios enteros, la calefacción, la refrigeración, la iluminación natural y la simulación de la radiación solar funcionan utilizando innovadoras técnicas paralelas de computación para representar resultados potenciales a la vez.

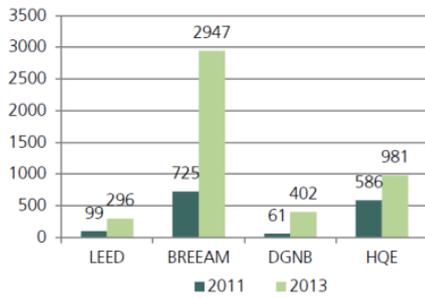


[Fig. 32] Análisis lumínico, Planta Edificio Mozart

### 1.3. USO PRÁCTICO EN CERTIFICACIONES

Los sistemas de evaluación de la sostenibilidad, además de evaluar, clasifican y certifican. Suelen ser softwares que tras la modelización del edificio, clasifican el modelo según el grado de sostenibilidad mediante un sistema de análisis y puntuación. Estos certificados aparecieron a principios de los 90. A nivel europeo podemos considerar como más importantes los siguientes certificados:

Certificados de sostenibilidad de edificios emitidos en Europa



Fuente: IVG Research LAB 3/2013 "Corporate sustainability in European property companies: has it arrived at an operational level?"

Alemania	45	47	348	1
Austria	6	4	42	-
Bélgica	2	140	-	5
Dinamarca	5	1	10	-
España	31	40	-	-
Finlandia	33	15	-	-
Francia	10	109	1	967
Holanda	5	46	-	-
Hungría	8	23	-	-
Italia	25	16	-	1
Luxemburgo	-	10	-	7
Noruega	2	2	-	-
Polonia	15	101	-	-
Portugal	1	2	-	-
Reino Unido	23	2290	-	-
República Checa	8	26	1	-
Rumania	1	10	-	-
Rusia	4	15	-	-
Suecia	29	16	-	-
Suiza	8	8	-	-
Turquía	35	26	-	-
<b>Total</b>	<b>296</b>	<b>2947</b>	<b>402</b>	<b>981</b>

[Fig. 33] Gráficas que muestra la cantidad de edificios certificados por cada uno de los

- VERDE: Certificación española. que ha desarrollado un sistema de evaluación de edificios que se basa en el Código Técnico de la Edificación y las Directivas Europeas. Incide en los principios de la bio-arquitectura y en la construcción respetando el medio ambiente, compatible con el entorno y con altos niveles de confort y de calidad de vida para los usuarios. Obteniendo así una valoración que puede ir del 0 al 5.<sup>30</sup>
- DGNB: Certificación alemana. Evalúa el rendimiento general de un edificio, en base a unos 50 criterios diferentes. Debido a su flexibilidad, puede adaptarse precisamente a los diversos usos de un edificio e incluso cumplir con los requisitos específicos del país. Es el único que da tanta importancia al aspecto económico de la construcción sostenible como lo hace a los criterios ecológicos.
- HQE: Certificación francesa. Tiene la capacidad de emitir certificados en todo el mundo mediante la combinación de criterios genéricos, criterios específicos e indicadores comunes. Define 13 temas medioambientales, repartidos en 4 apartados: eco-construcción, eco-gestión, salud y confort.
- LEED (leadership in energy and environmental design): La certificación más conocida a nivel mundial procedente de E.E.U.U. Surgió a finales de los 90, inspirándose en BREEAM. Su método de evaluación valora el impacto en 5 áreas principales: Emplazamiento sostenible, protección y eficiencia del agua, energía y atmosfera, materiales, recursos y calidad interior. La puntuación de cada área varía según la tipología de las construcciones.
- BREEAM, es el certificado en el que nos vamos a centrar puesto que es el método de evaluación de sostenibilidad más reconocido internacionalmente. Es una certificación de Reino Unido. Las áreas que evalúan son: gestión, bienestar, energía, transporte, materiales, residuos, agua, ecología, contaminación e innovación.<sup>31</sup>

Cuestiona el tópico, todavía muy extendido, de que los edificios sostenibles y de buena calidad son notablemente más costosos de diseñar y de construir que aquellos que simplemente cumplen con las exigencias normativas obligatorias. El aumento de la eficiencia y la calidad asociadas a la sostenibilidad también ayuda a que estos edificios resulten más atractivos comercialmente.<sup>32</sup>

Algunos estudios de investigación también han destacado la mejora del valor y la calidad de los edificios sostenibles. El uso de BREEAM como una herramienta a lo largo del proyecto también puede facilitar la innovación, lo cual dará lugar a un potencial ahorro de costes y a la incorporación de valor a través de la construcción de mejores edificios y que mejoren las condiciones para sus usuarios.



[Fig. 34 ]Esquema del código para un ambiente sostenible.

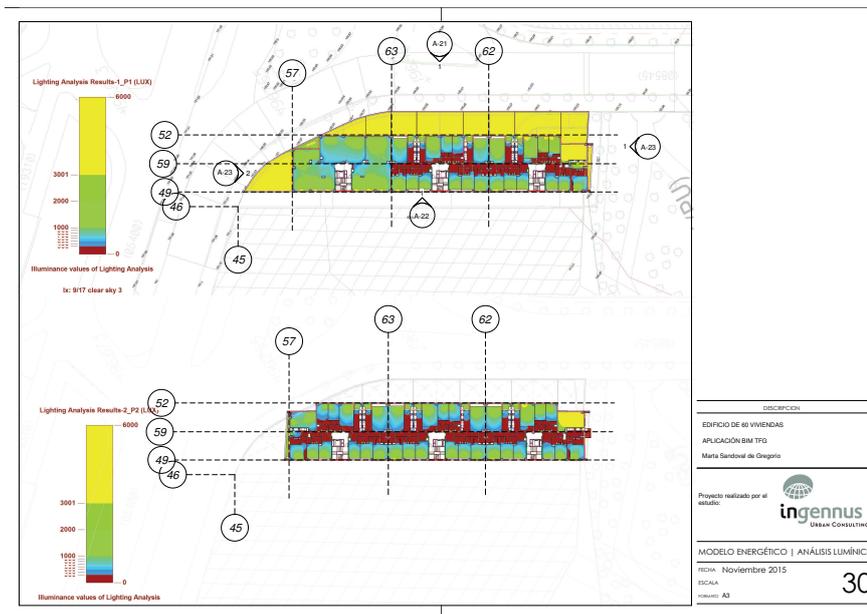
<sup>30</sup> gbce.es. Certificación verde

<sup>31</sup> breeam.com

<sup>32</sup> ic-10.es/Breeam

En el caso práctico del edificio de Mozart se exige por el cliente un certificado BREEAM ES VIVIENDA. En su página web tienen los manuales en los que especifican cada uno de los requisitos que se deben cumplir dentro de cada categoría (área) en las que se basa su certificado. Puesto que en este edificio se pide un certificado de 'muy bueno', se debe cumplir al menos un 55% o más de los requisitos que marque el manual. Las herramientas citadas nos pueden ayudar a preparar alguna documentación necesaria para recibir el certificado.

Hemos escogido un requisito dentro de la categoría de Salud y bienestar, llamado SYB 1\_ Iluminación natural. Los siguientes planos explicativos sobre los espacios y sus relaciones pueden servir como parte de los documentos necesarios en la documentación a entregar, para explicar la cantidad de luz o de ventilación producida por las ventanas dentro de un espacio.



[Fig. 37] Planos justificativos de análisis lumínico. Edificio Mozart



[Fig. 38] Planos justificativos de zonificación. Edificio Mozart



[Fig. 35] Manual BREEAM ES VIVIENDA

SYB 1_ Iluminación natural					
Número de puntos disponibles			Requisitos mínimos		
3	C	E	MB	E	BA
	-	-	-	-	-

**Objetivo**  
Proporcionar a los usuarios del edificio acceso suficiente a la luz natural.

**Criterios de evaluación**  
El cumplimiento se demuestra de la siguiente manera:

**Prerrequisito**  
1. La provisión de luz natural ha sido diseñada y modelada conforme a la Lista de Comprobación SyB 1.  
**Un Punto**  
2. Las cочas alcanzar, al menos, un factor de luz natural medio mínimo de acuerdo con la siguiente tabla:

Doc.	Fase de Diseño	Fase Post-Constructión
Toda:	Planos de diseño de cada planta del edificio con cada estancia o área etiquetada según su uso. Una copia de la Lista de Comprobación SyB 1 que demuestre el diseño y modelado de la luz natural. Cálculos de luz natural que confirmen: • Las áreas del edificio evaluadas • Latitud del emplazamiento • Las variables o criterios medidos de iluminación natural • Factor de luz natural medio de cada área O Una copia de los resultados del modelo demostrando que el nivel apropiado de iluminación se ha alcanzado en las áreas pertinentes. • Cumplimiento de los criterios de vistas del cielo (si son necesarios) Que la provisión de luz natural cumple con los estándares correspondientes.	Cálculos de luz natural para el edificio "conforme a obra" que confirmen el cumplimiento de todas las exigencias. O Informe de inspección del Astor o planos "conforme a obra" que confirmen que los tamaños de ventanas y la distribución y dimensiones de las estancias se adecúan a las estancias apropiadas en la fase de diseño. O Si ha habido cambios, se exige que los cálculos revisados demuestran el cumplimiento de las áreas o estancias correspondientes.

[Fig. 36] Manual BREEAM ES VIVIENDA, categoría Salud y bienestar

## 2. RESULTADOS

### 2.1. PRIMER CASO PRÁCTICO, VILLA DALL'AVA Modelado BIM desde planos 2D.

Al realizar el modelado de Villa dall'Ava hemos podido ver que el traspaso de este proyecto en 2D a su modelo virtual en 3D ha sido un poco complicado ya que la información de los planos encontrados era insuficiente para la resolución de algunos puntos en concreto:

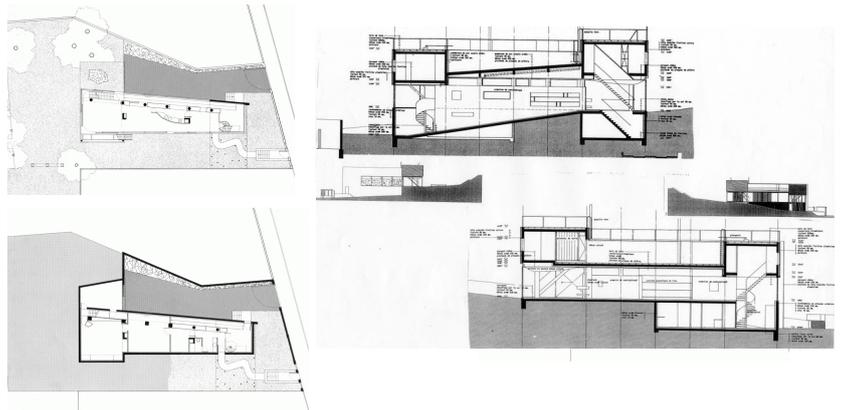
- Los pilares que sujetan el volumen principal que se ve desde la entrada que están colocados de forma horizontal. Dichas columnas no están especificadas en cuanto a su inclinación por lo que el modelo se realiza de manera arbitraria según las imágenes de la obra realizada.
- La profundidad de la piscina y su estructura que la contiene tampoco esta definida de manera exacta para su modelización.
- El lucernario del sótano con una ventana abatible que se ve en las fotos de final de obra pero que en los planos no queda clara su geometría-



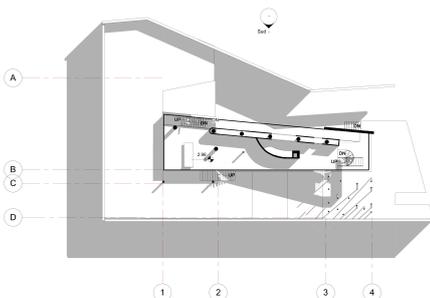
[Fig. 39] Pilares en diagonal, Villa dall'Ava



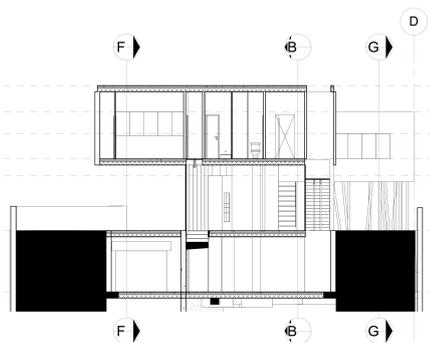
[Fig. 40] Lucernario, Villa dall'Ava



[Fig. 41] Planos originales, Villa dall'Ava



[Fig. 42] Planta de Revit Villa dall'Ava



[Fig. 43] Sección constructiva de Revit, Villa dall'Ava

Tras recibir el permiso de obra en 1986, recibieron quejas de los vecinos y estos consiguieron que la obra quedase parada durante tres años. Rem Koolhaas aprovechó ese tiempo para reflexionar y evolucionar sobre el proyecto que podemos ver reflejado en los apuntes sobre los planos de ejecución muy poco prácticos para el entendimiento en una obra. Realizó sobre todo cambios en las características de las ventanas y un enriquecimiento de soluciones materiales. Con lo cual estos cambios se debieron de realizar de manera un poco azarosa en la obra de ejecución y pérdida de tiempo.



[Fig. 44] Plantas de ejecución con anotaciones de Rem Koolhaas

Este modelado podría ayudar a mejorar su sostenibilidad sin perder su esencia. Koolhaas proyecta unos espacios totalmente iluminados que posteriormente, por temas de privacidad y de incidencia solar, cubre con una gran cortina amarilla y mediante una celosía móvil de bambú. Estas decisiones se realizan en las fases últimas de diseño añadiendo elementos externos para cubrir estos problemas con los vidrios. Mediante el modelado se pueden realizar estos análisis tanto lumínicos como térmicos que ayudan a un mayor rigor proyectual añadiendo voladizos o cambiando el diseño de los huecos.

Tras la aplicación BIM mediante la herramienta Revit de este proyecto se llega a la conclusión de que, incorporando las características y parámetros térmicos de los materiales reales, el modelo generado podría servir para su fase de explotación, rehabilitación y si fuera necesario su demolición o reciclaje.



[Fig. 45] Alzados con materiales de Revit Villa dall'Ava



[Fig. 46] Perspectiva seccionada con materiales de Revit Villa dall'Ava

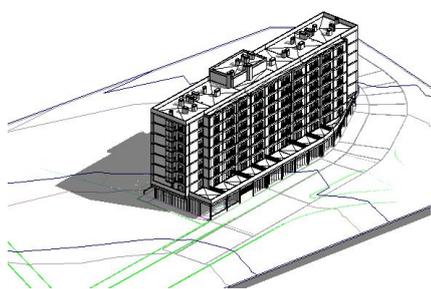
## 2.2. SEGUNDO CASO PRÁCTICO, EDIFICIO MOZART Modelado BIM desde la primera fase de diseño

Mediante el seguimiento de este proyecto y su introducción en los programas que hemos tratado en el trabajo, se entiende que todo proyecto con exigencias sostenibles debe realizar en cada fase del mismo, los análisis pertinentes de diferentes formas de diseño para su comparación y posterior elección de la más eficiente y más cercana a la calidad de diseño buscado.

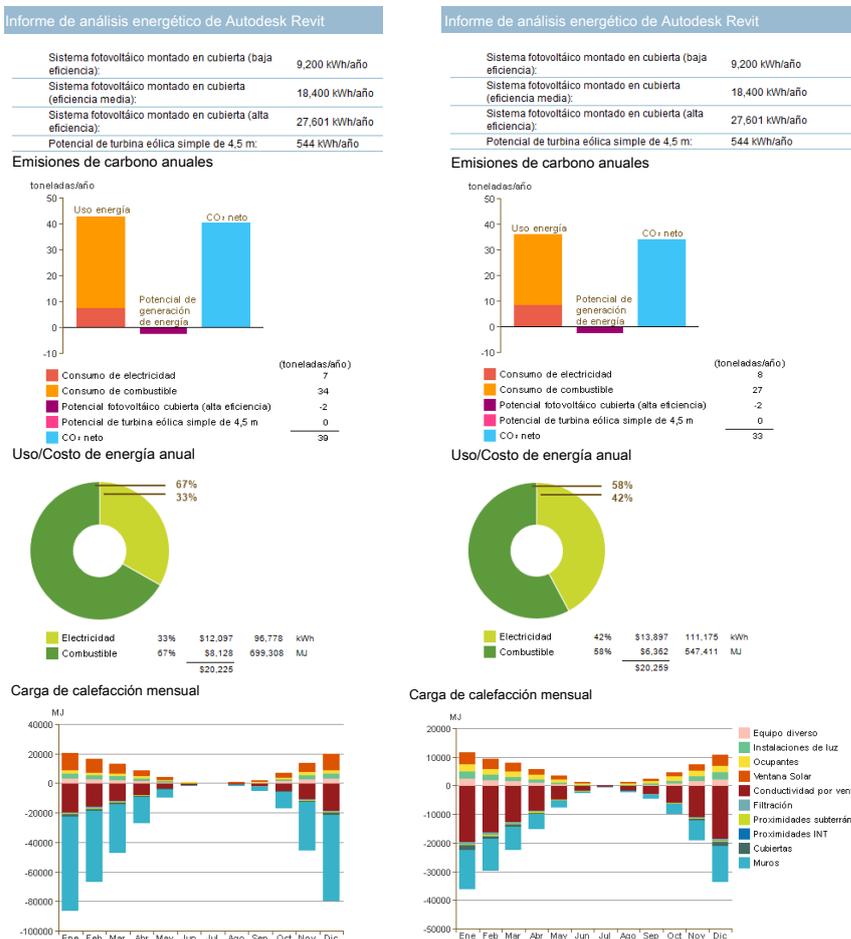
En el edificio Mozart se realizó un análisis de integración en el entorno y de soleamiento para la definición del volumen conceptual, teniendo en cuenta unas propiedades térmicas estándar. Se compararon unas opciones de diseño seleccionando la más óptima siempre contando con las superficies construidas y las normas urbanísticas del lugar.

Se debe realizar una medida de diseño entre la edificabilidad de la parcela, la altura posible del edificio y las alineaciones de la parcela con las propiedades térmicas básicas que permanecerán siempre iguales. Estas no son solo las que marcan la diferencia sin el diseño debido a la comparación.

Sobre el modelo energético del edificio Mozart, hemos ejecutado la simulación de energía para conseguir el informe de análisis energético. Hemos introducido el mismo modelo pero con dos diferentes envolventes exteriores (Sate de 6cm y Sate de 8cm) con sus propias especificaciones térmicas. Así pues con los resultados se realiza una comparativa para la mejor elección del diseño. En este caso se puede ver que es más eficiente es la segunda opción de diseño la del Sate de 8cm.



[Fig. 46] Perspectiva con las alineaciones y sombras en Revit, edificio Mozart

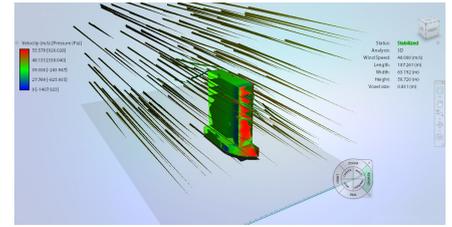


[Fig. 47] Resultados de informe energético. Edificio Mozart

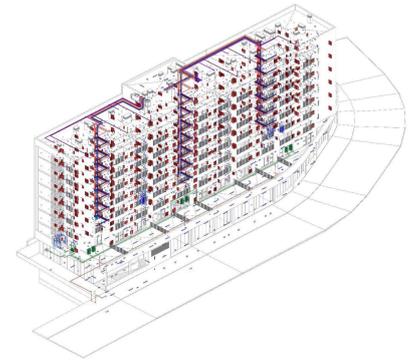
La introducción del modelo en flow design, nos hace ver que la presión puede ser interesante por ejemplo para ver si los patrones del viento alrededor del edificio se pueden utilizar para la ventilación natural.

Estas herramientas comparan modelos de diseños sostenibles en las diferentes fases de diseño:

- En la fase de anteproyecto en el proceso de diseño entran en juego la forma global del entorno y el impacto del sol por causa de la orientación del edificio.
- En la fase de proyecto básico ya entran en juego elementos concretos como voladizos, ventanas o los materiales de la envolvente.
- En la fase de proyecto de ejecución ya no se determina tanto el diseño puesto que en temas de sostenibilidad solo tiene impacto por la predefinición básica de las instalaciones. Como explicábamos con el gráfico de McLeamy anteriormente en el trabajo, realizar modificaciones en esta fase de trabajo supondría un gran costo.



[Fig. 48] Análisis de viento con Flow Design mediante modelo conceptual.



[Fig. 49] Incorporación de instalaciones en el modelo. Edificio Mozart



Cuando comencé el proyecto quería centrarme en el concepto de sostenibilidad. Sin embargo, después del estudio de la aplicación de BIM a los proyectos de edificación y del análisis de sus herramientas, he podido ver que el uso de BIM no solo nos ofrece ventajas en esta materia, sino en muchas otras que también son importantes a la hora de una mejora del diseño.

Me gustaría resaltar el impacto del uso de esta metodología tanto en las fases del diseño como en la comunicación de cara al cliente. El entendimiento del proyecto de Koolhaas desde otra forma de trabajo. La posibilidad de enfrentarte a conflictos, antes descubiertos en obra, dentro de un despacho de arquitectura. La capacidad de poder resolver los problemas localizados, en el edificio Mozart, tranquilamente en las fases tempranas del modelado y como todas estas premisas afectan directamente a la sostenibilidad de un edificio.

Según los resultados obtenidos mediante la utilización de dos casos prácticos tras la investigación de los conceptos desarrollados a lo largo del trabajo, me dispongo a sacar unas características principales:

#### VENTAJAS EN EL USO DESDE EL INICIO DEL DISEÑO.

Los resultados de la integración en BIM desde el primer periodo del proceso de diseño se ve que puede ser muy esclarecedor e importante para cualquier tipo de proyecto. Los esfuerzos en el anteproyecto y en el proyecto básico aumentan al principio ya que requiere mucha carga de información. Se debe perder más tiempo en introducir todos los elementos del edificio como son las capas del muro, características de las ventanas, etc.... para luego en el proyecto ejecutivo encontrarnos una mayor agilidad en la resolución de problemas y de integración de la estructura e instalaciones de la misma antes de la puesta en obra. Esto produce un proyecto más eficiente ya que permite el ahorro en costes y un mayor rendimiento del tiempo.

#### RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS CON ANTELACIÓN.

El rápido análisis de las colisiones en la fase de diseño, reduce los cambios durante la construcción. Ayuda a identificar problemas en una primera etapa, reduciendo así las cargas de trabajo y los costos. La incorporación de las propiedades y la información de cada parte del modelo es determinante en toda las fases para la viabilidad de los elementos de construcción. Mientras que si se necesita realizar algún cambio durante el proceso de diseño, el cambio se refleja automáticamente en todo el modelo por la asociatividad bidireccional.

Facilita una mayor eficiencia y eficacia en el diseño, construcción y operación de un edificio. La fiabilidad de los resultados de un edificio bien modelado permite un negocio más rentable y afecta directamente a la sostenibilidad al no encontrarse con sorpresas, como el desperdicio de material en obra, al tener que rehacer elementos en obra por la mala gestión previa.

#### TRABAJO EN EQUIPO

Nunca antes la ingeniería, la arquitectura, la instalación y la gestión habían estado tan relacionadas. BIM anima a las partes a trabajar en colaboración y de forma transparente dentro del proyecto. Gracias a la integración de todos los campos dentro de un proyecto como son las instalaciones, la estructura o la energía, el trabajo en equipo resulta más fácil.

Gracias a su compartición activa, los usuarios pueden estar trabajando simultáneamente en el mismo modelo de construcción. Mejorando la comunicación, se consigue obtener soluciones más sostenibles ya que todos los agentes conocen todos los aspectos de un proyecto.

## CERTIFICACIONES

Hay que destacar que hay que tener cuidado con algunas certificaciones, porque tienen requisitos que vienen predeterminados por el lugar, como son la presencia de paradas de autobús o de supermercados. A los proyectos les afectan unos condicionantes externos que en ocasiones no podemos controlar. Deberían ser un poco más flexibles.

A pesar de ello, es necesario utilizar un modelo energético eficiente para poder conseguir un certificado alto en sostenibilidad, puesto que muchos promotores inmobiliarios están de acuerdo en que los valores de tasación de proyectos eficientes en energía han ido aumentando de manera constante. Muchas empresas y servicios ofrecen incentivos financieros para edificios con alta eficiencia energética. Por ejemplo los bancos dan crédito a los proyectos que tienen una certificación sostenible.

Es necesario concienciar a la sociedad para la inversión inicial de coste más alta para después no tener que gastar tanto en el ciclo de vida de la construcción, es decir, en su explotación, reutilización o rehabilitación.

## CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS

El modelado de energía permite a los equipos de diseño emplear su tiempo con eficacia y articular la energía como un componente de eficiencia muy valorado por los clientes. Así poder cuantificar el potencial de reducción del consumo de energía y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas. También la conciencia sostenible en el ciclo de vida del material, desde su producción hasta su distribución y puesta en obra, hace que sean más duraderos y más eficaces reduciendo los costos de mantenimiento a largo plazo.

Esto provoca una mayor comodidad para los ocupantes, debido a un mejor control de la envolvente con las pérdidas y ganancias de energía y una mayor satisfacción de los mismos por un mejor comportamiento medioambiental.

Como bien hemos visto en el trabajo, nuestro papel como arquitectos es desafiar el diseño y funcionamiento arquitectónico integrándolo desde un principio con todas las demás variables que entran en juego dentro de una obra de construcción y colaborando con el resto de los agentes. Ahora se debe pensar en todo el ciclo de vida de los proyectos como:

- las exigencias iniciales tanto de diseño como de eficiencias energéticas, de costos y de tiempo.
- el desarrollo desde el proyecto básico hasta de ejecución con un modelo coordinado que nos permita solucionar los conflictos.
- la ejecución de la obra de construcción con planos actualizados y una planificación que repercutirán en la ausencia de derribos y reconstrucciones de los puntos conflictivos.
- su mantenimiento en un futuro, tanto si es de rehabilitación como si es de derrumbe.



## 1. BIBLIOGRAFÍA

### 2.3. DOCUMENTACIÓN ESCRITA

- Traducción propia: Building information modeling – BIM en current and future practice, Karen M.Kensek, LEED BD+C, Assoc. AIA, Douglas Noble, FAIA, Phd.
- Traducción propia: Selection and Use of Engineering Design Methods using Creative Problem Solving Principles, March 2003, Belinda López-Mesa.
- Traducción propia: An Architect's Guide to Integrating energy modeling in the design process (AIA 2012)
- Traducción propia: Mastering Revit® Architecture 2010; Greg Demchak, Tatjana Dzambazova, Eddy Krygiel.
- Curso REVIT básico Autodesk 2015, desarrollado por Pixel 51 y Autodesk
- Traducción propia: Mastering Revit® Architecture 2016; Autodesk Official Press by Brendan Dillon
- Regeneración urbana. Propuestas para el barrio de San Pablo, Zaragoza.

### 2.4. DOCUMENTACIÓN WEB

- «BIM COMO NUEVA OPORTUNIDAD DE CAMBIO – BIM Barcelona». Accedido **23 de noviembre** de 2016. <http://www.bimbarcelona.com/bim-como-nueva-oportunidad-de-cambio/>.
- País, Ediciones El. «La construcción del futuro tiene nombre: BIM». *EL PAÍS*, 15 de junio de 2016. [http://economia.elpais.com/economia/2016/06/15/vivienda/1466005630\\_855992.html](http://economia.elpais.com/economia/2016/06/15/vivienda/1466005630_855992.html).
- «Tecnología BIM (Building Information Modeling): la más novedosa y eficaz tecnología de trabajo para la elaboración y gestión de proyectos». *abc*, 25 de octubre de 2016. [http://www.abc.es/tecnologia/informatica/software/abci-tecnologia-building-information-modeling-mas-novedosa-y-eficaz-tecnologia-trabajo-para-elaboracion-y-gestion-proyectos-201610252226\\_noticia.html](http://www.abc.es/tecnologia/informatica/software/abci-tecnologia-building-information-modeling-mas-novedosa-y-eficaz-tecnologia-trabajo-para-elaboracion-y-gestion-proyectos-201610252226_noticia.html).
- R, 23 de mayo de 2010 00:10h E. M. «Visitar un edificio antes de construirlo». *www.larazon.es*. Accedido 23 de noviembre de 2016. [http://www.larazon.es/historico/422-visitar-un-edificio-antes-de-construirlo-NLLA\\_RAZON\\_263808](http://www.larazon.es/historico/422-visitar-un-edificio-antes-de-construirlo-NLLA_RAZON_263808).
- «La patronal de ingeniería promueve la implantación del BIM en España». *La Vanguardia*, 19 de octubre de 2016. <http://www.lavanguardia.com/vida/20161019/411120474008/la-patronal-de-ingenieria-promueve-la-implantacion-del-bim-en-espana.html>.
- «Sobre BIM». *esBIM*. Accedido 24 de noviembre de 2016. <http://www.esbim.es/>
- «El rol de los arquitectos e ingenieros en la construcción moderna.» *Arts Digital Institute*, 5 de octubre de 2014. [https://www.cadmiami.com/blog\\_arts\\_institute/rol-de-los-arquitectos-e-ingenieros-en-la-construccion-moderna/](https://www.cadmiami.com/blog_arts_institute/rol-de-los-arquitectos-e-ingenieros-en-la-construccion-moderna/).

- «What is BIM?» *NBS*. Accedido 24 de noviembre de 2016.  
<https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-building-information-modelling-bim>
- «BIM Task Group | A UK Government Initiative». Accedido 24 de noviembre de 2016. <http://www.bimtaskgroup.org/>.
- «Desarrollo Sostenible | Educación | Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura». Accedido 24 de noviembre de 2016.  
<http://www.unesco.org/new/es/education/themes/leading-the-international-agenda/education-for-sustainable-development/sustainable-development/>.
- «CERTIFICACIONES AMBIENTALES EN EDIFICIOS – BIM Barcelona». Accedido 24 de noviembre de 2016.  
<http://www.bimbarcelona.com/certificaciones-ambientales-en-edificios/>.
- 
- «LOS BENEFICIOS DEL BIM Y EL MEP: ingeniería, arquitectura e instalación». *ITC - Instituto Tecnológico del Cantábrico*, 22 de abril de 2014.  
<http://itcformacionyconsultoria.com/beneficios-del-bim-y-mep/>.
- 
- «Diseño ecológico vs Diseño sostenible». *Hoy es el Día*, 29 de abril de 2015.  
<http://www.hoyeseldia.es/disenio-ecologico-vs-diseno-sostenible/>.
- 
- «La importancia del ecodiseño y el diseño sostenible». *La Prestampa, las artes gráficas vistas con otros ojos*, 23 de septiembre de 2014.  
<https://laprestampa.wordpress.com/2014/09/23/la-importancia-del-ecodisenio/>.
- 
- Viaintermedia. «Ahorro - ACA busca voluntarios para combatir la pobreza energética». *Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias*. Accedido 23 de junio de 2016. <http://www.energias-renovables.com/ahorro/aca-busca-voluntarios-para-combatir-la-pobreza-20160208>.
- 
- «¿Por qué deberíamos construir rascacielos de madera?» *CTE Arquitectura*, 30 de enero de 2015. <http://www.ctearquitectura.es/soluciones-sostenibles/materiales/por-que-deberiamos-construir-rascacielos-de-madera/>.
- 
- «Home». Accedido 25 de junio de 2016. <http://breeam.es/>.
- 
- «IMPLANTACIÓN DEL BIM EN UN PROYECTO DE RENOVACIÓN ENERGÉTICA – BIM Barcelona». Accedido 23 de noviembre de 2016.  
<http://www.bimbarcelona.com/implantacion-del-bim-en-un-proyecto-de-renovacion-energetica/>.
- 
- «Simulación energética: distintas opciones software». *CTE Arquitectura*, 17 de octubre de 2014. <http://www.ctearquitectura.es/herramientas/simulacion-energetica-de-edificios-elige-entre-tus-opciones/>.
- 
- «NUEVA HERRAMIENTA DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS E4R I». Accedido 10 de julio de 2016.  
<http://airoedificios.com/nueva-herramienta-de-rehabilitacion-energetica-de-edificios-e4r/>.
- 
- Malin, Nadav. «Building Information Modeling and Green Design». *BuildingGreen*, 1 de mayo de 2007.  
<https://www.buildinggreen.com/feature/building-information-modeling-and-green-design>.

- «Building Technologies Office: EnergyPlus Energy Simulation Software». Accedido 20 de agosto de 2016.  
[http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/?utm\\_source=EnergyPlus&utm\\_medium=redirect&utm\\_campaign=EnergyPlus%2Bredirect%2B1](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/?utm_source=EnergyPlus&utm_medium=redirect&utm_campaign=EnergyPlus%2Bredirect%2B1).
- 
- «VE for Architects | Architectural analysis package». Accedido 23 de noviembre de 2016. <http://www.iesve.com/software/ve-for-architects>.
- 
- «Consultoría Energética y DesignBuilder España». *Aurea Consulting - DesignBuilder España*. Accedido 10 de septiembre de 2016.  
<https://ecoficiente.es/>.
- 
- «Green Building Studio». Accedido 12 de septiembre de 2016.  
<https://gbs.autodesk.com/GBS/>.

## 2.5. DOCUMENTACIÓN PRESENCIAL

- Jornada técnica: BIM, 7 de abril 2016
- Curso BREEAM ES ASOCIADO, COAA, 21 Junio 2016

