

---

# Building Information Modeling:

Metodología, aplicaciones y ventajas.

Casos prácticos en gestión de proyectos.

---

**Proyecto Final de Máster en Edificación, Especialidad de Gestión**

---

**González Pérez, Carlos**

**2015**

**Tutor:** Fernando Cerveró



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
INGENIERÍA DE  
EDIFICACIÓN



## Contenido

INTRODUCCIÓN.....	4
OBJETIVOS.....	5
PRINCIPALES.....	5
ESPECIFICOS .....	5
METODOLOGÍA .....	6
ESTADO DEL ARTE .....	7
ESTADO DE IMPLEMENTACIÓN BIM EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN.....	7
MARCO TEORICO.....	8
CAPÍTULO 1: FILOSOFIA BIM .....	8
1. Little BIM – Big BIM.....	8
2. Áreas de implantación BIM .....	9
2.1 Comunicación.....	9
2.2 Integración .....	11
2.3 Interoperabilidad.....	14
3. Software BIM.....	15
3.1 Diferencias respecto a sistemas anteriores .....	15
3.2 Estándares BIM.....	16
3.3 Interoperabilidad de software.....	19
3.4 Trabajo colaborativo. Subproyectos.....	21
4. Nivel de desarrollo y nivel de detalle .....	24
5. Dimensiones BIM .....	29
5.1 3D: Modelado.....	29
5.2 4D: Tiempos.....	30
5.3 5D: Costes.....	30
5.4 6D: Eficiencia energética. ....	30

5.5	7D: Mantenimiento.....	31
6.	BIM durante el ciclo de vida del proyecto:.....	32
6.1	Fase de proyecto:.....	33
6.2	Fase de ejecución:.....	34
6.3	Fase de mantenimiento:.....	35
7.	Proyecto BIM:.....	36
7.1	Obra nueva:.....	36
7.2	Edificaciones existentes.....	37
8.	La empresa BIM.....	37
8.1	Servicios BIM.....	37
8.2	Organigrama.....	39
8.3	Sistema de trabajo.....	41
CAPITULO 2: ESCANEOS TRIDIMENSIONALES.....		42
CAPITULO 3: REALIDAD AUMENTADA.....		45
1.	Definición.....	45
2.	Aplicaciones.....	47
2.1	Presentación de proyectos.....	47
2.2	Diseño virtual.....	48
2.3	Control de la ejecución de obra.....	49
2.4	Facility Management.....	49
2.5	Sistemas de Información Geográfica.....	50
CAPITULO 4: CASO DE ESTUDIO.....		51
1.	Situación de inicio.....	51
2.	Áreas de implementación.....	52
3.	Proyectos.....	52
3.1	Modelado de instalaciones existentes para labores de mantenimiento.....	52



3.2	Estudio proyectos ejecución.....	62
3.2.1	Incoherencias entre documentos .....	63
3.2.2	Conflictos entre disciplinas.....	64
3.2.3	Indefinición gráfica: .....	68
3.2.4	Errores u omisiones en memorias de carpintería. ....	71
3.2.5	Obtención de mediciones y presupuestos.....	75
3.2.6	Planificaciones temporales .....	79
3.2.7	Estudio de recorridos de evacuación.....	80
	CONCLUSIONES.....	84
	DIFICULTADES EN LA IMPLANTACION .....	84
1.	Un sector tradicional .....	84
2.	Dificultad de comunicación .....	85
3.	Normativa inexistente:.....	85
	BENEFICIOS Y VALOR GANADO OBTENIDO .....	86
	Referencias .....	87
	Ilustraciones.....	93

## INTRODUCCIÓN

Las siglas BIM son acrónimo de “Building Information Modeling”. La traducción más acertada sería “Modelado de la información para el edificio”.

Al tratarse de una metodología bastante actual, son diversas las definiciones que podemos encontrar dependiendo de las fuentes. A continuación se citan las más destacables:

“BIM es un modelo detallado compuesto por múltiples fuentes de información, cuyos elementos pueden ser compartidos por todas las partes interesadas y mantenerse a lo largo de todo el ciclo de vida desde el comienzo hasta el reciclado” ((NBS), s.f.).

“Puede ser visto como una representación digital de las principales características de una instalación de manera que permita tomar decisiones fiables a lo largo del ciclo de vida” (Sciences, s.f.).

“BIM es un nuevo enfoque para el diseño, análisis y documentación de edificios. BIM trata sobre la gestión de la información a lo largo de todo el ciclo de vida de un proceso de diseño, desde los primeros diseños conceptuales, pasando por la fase de construcción hasta la gestión de las instalaciones” (Dzambazova, Krygiel, & Demchak, 2009)

“Herramienta que permite almacenar información, ordenada como una base de datos, asociada a la geometría de entidades arquitectónicas de un edificio” (Hernandez, Luis Agustín)

Se trata de un proceso de generación y gestión de datos del edificio durante su vida útil; es decir, comprende desde el proceso de diseño del edificio, pasando por su construcción, hasta el mantenimiento que pueda precisar durante su existencia.

Ello se consigue mediante el modelado en tres dimensiones y en tiempo real.

Este modelo persigue eliminar el exceso de tiempo y de recursos

Hasta la fecha el sistema de diseño mediante aplicaciones informáticas no era más que una representación de formas geométricas en soporte informático.

## OBJETIVOS

### PRINCIPALES

El objeto del actual documento es realizar un análisis y descripción de las características que presenta la metodología “Building Information Modeling” de una manera genérica así como profundizar de una manera práctica en los beneficios que genera en la gestión de proyectos integrales de construcción.

### ESPECIFICOS

En relación a los objetivos principales antes descritos, estos son los objetivos específicos que se pretenden alcanzar:

- Presentar una visión actual del sector de la construcción y en concreto del uso e implantación del sistema BIM en el mismo.
- Definir las bases de la metodología Building Information Modeling.
- Exponer todo lo relativo al software que sirve de herramienta como desarrollo BIM.
- Concienciar de la importancia del uso BIM en la gestión de proyectos en toda su vida útil así como en todas sus dimensiones.
- Introducción al sistema de Escaneo 3D como herramienta previa para la obtención de información para el modelado BIM.
- Introducción a los sistemas de Realidad Aumentada para su aplicación práctica con modelos BIM.
- Descripción, organigrama y flujo de trabajo de las empresas BIM.
- Análisis de casos prácticos en proyectos de edificación utilizando la gestión BIM para la detección de incoherencias, conflictos y errores de proyecto.

- Beneficios del uso de la metodología BIM en las tareas habituales en la empresa constructora.
- Propuesta real de BIM Facility Management.

## METODOLOGÍA

Para la redacción del actual proyecto se ha seguido la metodología que se cita a continuación:

- Trabajo de investigación estadística acerca de la situación actual de la metodología Building Information Modeling y su repercusión en la sociedad académica así como en el sector de la construcción.
- Recopilación de información sobre los diferentes congresos EUBIM realizados en la universidad politécnica, con más hincapié en las últimas ediciones.
- Asistencia a seminarios sobre escaneos tridimensionales realizados por marcas comerciales para obtener una visión genérica y un estudio de mercado posterior sobre las aplicaciones de dicha tecnología en BIM.
- Aprendizaje autónomo sobre el uso y manejo de Autodesk Revit y Navisworks Manage.
- Asistencia a curso básico sobre BIM impartido por una Universidad Politécnica de Valencia en la Escuela Superior de Gestión en la Edificación. Así como reuniones con sus organizadores para debatir aspectos de la metodología.
- Iniciación en la Realidad Aumentada mediante el uso de aplicaciones.
- Colaboración, durante toda la redacción del proyecto, en empresa constructora dedicada a la gestión de proyectos de ejecución con especial énfasis en la posibilidad de implementación de la metodología BIM en sus tareas cotidianas.
- Estudio y gestión de proyectos reales desde la perspectiva BIM. Analizando conflictos, incoherencias y problemas que pudieran haberse evitado utilizando software BIM.
- Realización de trabajos de escaneado tridimensional reales para su posterior aplicación BIM.
- Inmersión en los sistemas de mantenimiento BIM para obtener un posible sistema alternativo, sencillo y económico, frente a los comerciales existentes.
- Modelado de varios proyectos con software BIM.

## ESTADO DEL ARTE

### ESTADO DE IMPLEMENTACIÓN BIM EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

Una buena manera de conocer el impacto que un determinado tema está generando en la sociedad es determinar el número de publicaciones científicas que este genera.

Se ha realizado la búsqueda del término “building information modeling” en el buscador Google en su apartado de documentos académicos.

Se puede observar como hasta los 90, la metodología BIM era una herramienta prácticamente desconocida. Únicamente 31 publicaciones encontradas hasta esas fechas. En los siguientes lustros el resultado es similar, encontrando entre 1991- 1995, 1996- 2000 y 2001-2005 no más de 50 publicaciones en el conjunto de cada una de esas etapas de cinco años cada una.

Tomando como partida del estudio de manera anual el año 2006, se encuentra ya un repunte de las publicaciones en este sentido. Únicamente en ese año se triplican respecto al lustro anterior.

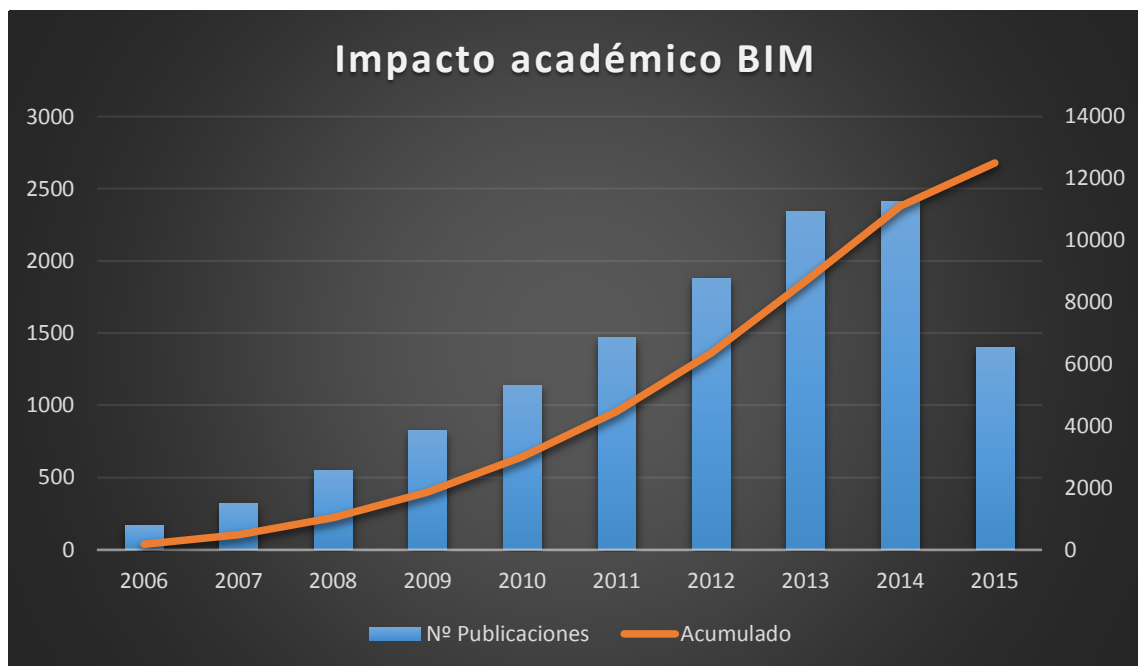


Ilustración 1: Impacto Académico BIM (Fuente propia)



El ascenso es constante como se puede observar en el gráfico representado anterior. Los mayores incrementos se producen entre 2007 y 2008, llegando a casi un 200% respecto al año anterior. Los años posteriores se confirma la tendencia hasta llegar al año actual, el cual, habiendo transcurrido poco más de medio año, refleja un registro de publicaciones de 1400 ejemplares.

## MARCO TEORICO

### CAPÍTULO 1: FILOSOFIA BIM

#### 1. Little BIM – Big BIM

Cuando nos referimos a BIM nos referimos a un conjunto, no se trata únicamente de un tipo de software como popularmente se piensa.

La filosofía BIM se divide en dos áreas claramente diferenciadas:

Por un lado encontramos lo que se ha denominado como “Little BIM”. Esta vertiente engloba todo lo que concierne al software que permite el uso e implantación. Se trata de la cara más visible de la metodología pero no es más que la herramienta que lo permite; el canal mediante el cual los agentes desarrollan el trabajo. Como definición, se podría decir que es el conjunto de programas y aplicaciones que se emplean como herramientas de la metodología para la generación del modelo BIM. Al hablar de programas y aplicaciones es más común referirse a software BIM. Existen multitud de programas de diversos desarrolladores. Más adelante se detallarán los más importantes y sus ventajas y desventajas. De todos modos, lo más destacable a priori es la interoperabilidad que deben presentar entre ambos, un aspecto fundamental en esta filosofía, independientemente del software utilizado, todos los agentes deben poder comunicarse de manera adecuada.

En contrapartida se encuentra “Big BIM”, esto representaría el contenido de la metodología frente al continente que representa “Little BIM”. Se podría definir como las bases de la filosofía.

El camino que se debe seguir para una correcta aplicación. En este caso ya no se trata de una herramienta como es el software, hablamos de unas pautas.

“Big BIM” aboga por gestionar los proyectos de manera que la información que se genere sea correcta, se disponga de ella en el momento requerido y además, se presente en el lugar adecuado. Esta es la base que todos los agentes deben tener en cuenta a la hora de diseñar con software BIM.

Esta vertiente incluye la gestión de la información mediante el modelo, la gestión de los recursos humanos y técnicos del proyecto y de la organización en general, y además, las interrelaciones con el entorno (proveedores, clientes, administración...).

Todo ello, acotado durante toda la vida útil del proyecto, desde sus edades más tempranas e diseño hasta el fin último que es el mantenimiento y conservación.

## 2. Áreas de implantación BIM

Profundizando en la metodología de implantación, existen tres áreas básicas que deben ser estudiadas para un correcto desarrollo. Son básicas si se desea que el trabajo entre los agentes se realice de acuerdo a los principios BIM.

Estos aspectos a reseñar son tres: comunicación, interoperabilidad e integración.

### 2.1 Comunicación

La comunicación es una cualidad importantísima en el momento de gestionar eficazmente un proyecto. Sin duda es uno de los aspectos primordiales y por tanto nuestro objetivo debe estar encaminado hacia un correcto uso de esta.

Una comunicación inadecuada entre los distintos agentes que participan en un proyecto se traduce directamente en errores y malentendidos que se pueden evitar.

Esta falta de comunicación en el sector de la construcción se hace más evidente si cabe. Es sabido que se trata de un sector muy fragmentado, generalmente con multitud de pequeños

agentes. Por escasa entidad que esté presente, son multitud los agentes involucrados. De manera que se precisa cuidar al máximo este aspecto.

Una de las barreras más patentes en el momento de una correcta comunicación es el uso de canales inadecuados, el exceso de información y la falta de retroalimentación entre los agentes.



Ilustración 2: Comunicación BIM (Dilbert, s.f.)

Hay que tener en cuenta que vivimos en un sector en el que muchas veces no se dispone de todo el tiempo que se debería aportar para reuniones, tenemos tiempo limitado y no siempre es posible detallar los aspectos como se debiera.

Apuntar que la mayoría de errores y malentendidos se producen el primer día, es por ello que la comunicación adecuada debe realizarse desde el primer momento.

La metodología BIM aborda estos problemas mediante una simbiosis de actitudes y herramientas.

Por un lado, pretende crear una cultura donde todos los agentes involucrados puedan trabajar juntos, de una manera eficaz y eficiente, definiendo una manera más transparente y colaborativa de trabajar. Una actitud nueva.

Esta cultura se consigue con herramientas que posibilitan el acceso inmediato a la información y que posibilitan la comunicación y la disminución de errores.

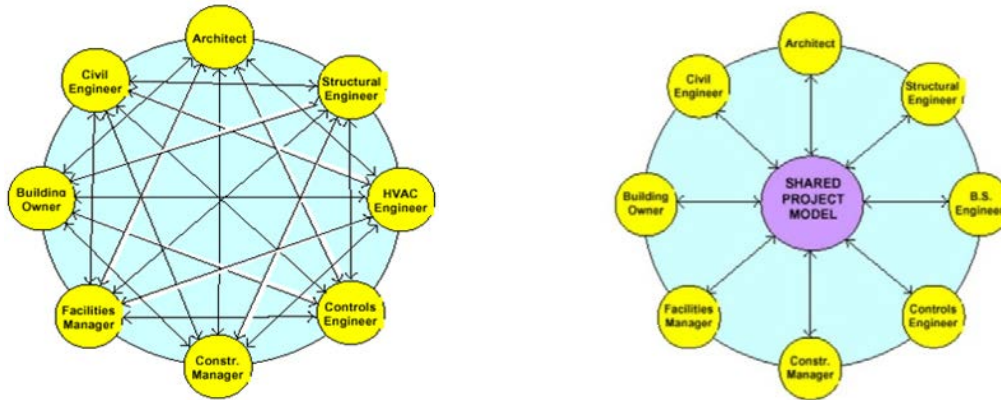


Ilustración 3: Organigrama comunicación agentes BIM (Building Smart, 2013)

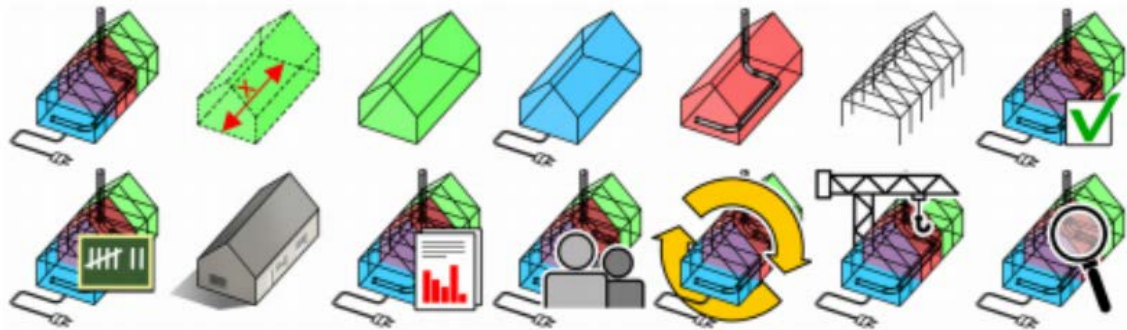
Estos esquemas muestran cómo debe realizarse el flujo de información para que la comunicación sea adecuada entre los agentes. Se observa como en la práctica tradicional no existe un nexo de unión entre ellos y las órdenes son emitidas en todas direcciones produciéndose una pérdida de la calidad de la información y propiciando los errores. Sin embargo, en el modelo BIM, todos los agentes disponen de toda la información en un modelo conjunto y colaborativo, donde cada uno puede modificar y añadir información de su área de conocimiento y todos pueden consultar la información, facilitando de manera evidente la comunicación.

## 2.2 Integración

El concepto de integración está estrechamente ligado con la correcta comunicación. Esto es así debido que en este caso también su punto central es el modelo único compartido expuesto anteriormente como eje de las comunicaciones.

La metodología BIM aboga por la centralización de toda la documentación, es decir, agrupar la información en un único lugar, evitando así duplicidades o pérdida de información. De esta

manera, todas las disciplinas que dan forma a un proyecto se integran en el modelo central, no solo de una manera física sino interrelacionadas entre ellas.



*Ilustración 4: Integración BIM (Building Smart, 2013)*

Anteriormente, con la metodología CAD, un proyecto se componía de un conjunto de planos no relacionados entre sí. Dándose el caso de que cada agente trabajaba el conjunto de información que era de su área de conocimiento, consultando el resto del proyecto, pero no sobre él. Se producían errores comunes de interferencias entre las diferentes instalaciones, instalaciones con arquitectura, estructura con acabados, etc. Errores comprensibles ya que se trabajaba en diferentes espacios.

La integración se consigue bien mediante la creación de subproyectos. Partiendo de un modelo general (la mayoría de los casos el arquitectónico) gestionado por un Project manager, se crean proyectos paralelos basados en las áreas funcionales que lo integran. Estos subproyectos son actualizados periódicamente, de manera que todos los integrantes son conscientes de los cambios efectuados por los demás. Se consigue con esta metodología de trabajo la integración de todos los agentes y se evitan errores.

Existen multitud de complementos para cada función, bien integrados en el software BIM o bien externos. La base de la interoperabilidad es que desde el modelo compartido se realizan todos los estudios: El calculista de estructuras puede analizar las fuerzas que intervienen, se puede realizar el estudio de climatización, un arquitecto técnico obtiene mediciones instantáneas y genera presupuesto con el software que utiliza habitualmente desde el modelo, permite realizar la planificación temporal de los trabajos seleccionando directamente los elementos

constructivos, se obtienen todos los alzados, secciones, plantas... necesarias para un correcto entendimiento en pocos minutos al tratarse de un modelo 3D, información de mantenimiento, entre otras funciones.

Esta integración se realiza, además, para que sea útil durante todas las fases del proyecto; entendiendo como proyecto no solo la fase de diseño y ejecución, si no toda su vida útil, llegando al mantenimiento y a su fin último.

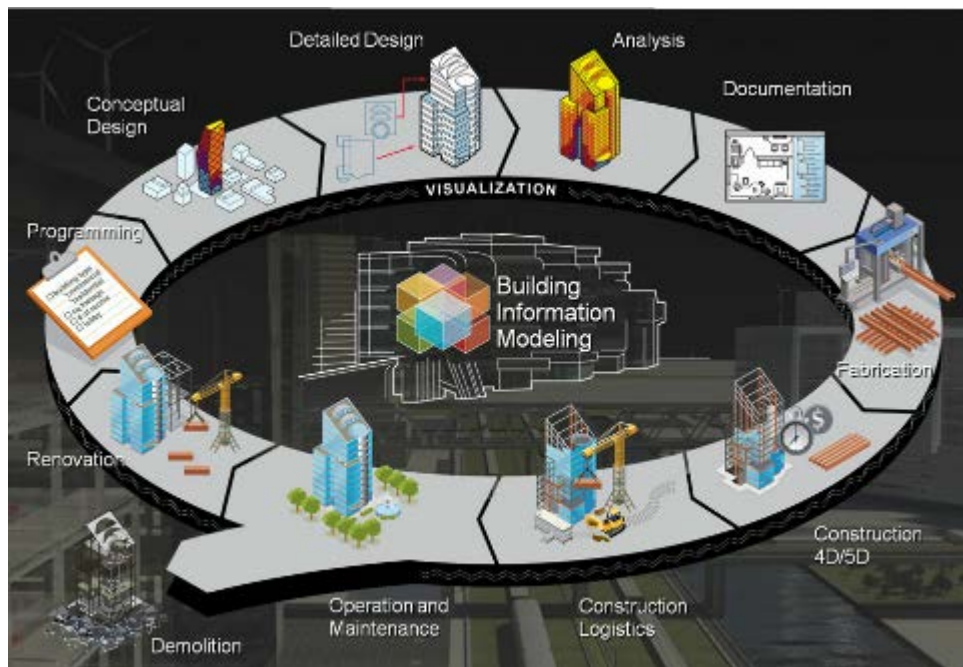


Ilustración 5: Vida útil Proyecto (Building Smart, 2013)

En esta imagen se muestra el proceso de un proceso constructivo. Se trata de un proceso circular en el que todos los procesos concurren alrededor del modelo central BIM. Se observan procesos como el diseño conceptual, diseño de detalles, análisis térmicos, documentación, fabricación de materiales, aspectos 4D (tiempos) y 5D (costes) de los que se hablarán más adelante, organización, programación, mantenimiento, e incluso derribo; toda la vida útil del proyecto.

### 2.3 Interoperabilidad

La interoperabilidad está ligada con la integración antes descrita. En este caso se trataría del modo en el que conseguimos la integración de los agentes, que a su vez permite su correcta comunicación; las tres bases descritas en este apartado están íntimamente relacionadas.

Cualquier metodología en la que una parte importante sea el software, debe tener muy presente que no es única y debe relacionarse con el entorno que le rodea. Por ello, es básico que tenga acceso a ella el mayor número de agentes. Tener la capacidad de globalizar y no excluir. Todo ello se resume en no utilizar protocolos y tipos de archivo cerrados, favorecer la integración de todo el software existente de manera que se adapte a este tipo de trabajo, no lo sustituya. Se podría decir que uno de los fundamentos de BIM es poner la tecnología existente al servicio del equipo de proyectos para un mejor resultado.

La oferta de software especializado en BIM es diversa, por tanto es importante que exista interacción con otras aplicaciones como es el caso de complementos de diseño, instalaciones, cálculo de estructuras o presupuestos; todo ello con la finalidad de contener toda la información de proyecto.

Para lograr la interoperabilidad deseada existen tres modos de conseguirla: Una posibilidad es utilizar software de un mismo desarrollador, tarea algo complicada debido a la multitud y variedad de aplicaciones. Se podría también utilizar programas que faciliten el intercambio de datos entre ellas, un ejemplo claro de este sistema es la gran variedad de complementos que ofrece el software BIM. Finalmente, la más acertada a priori, es utilizar un software libre y abierto, es decir, no dependiente de ningún desarrollador comercial, de manera que todos los programas BIM trabajen en un mismo formato de archivo. Esta última opción ya se está desarrollando, se trata de los archivos tipo IFC/IDM/IFD que posteriormente se abordarán en profundidad.

### 3. Software BIM

Como se ha mencionado, el software BIM corresponde a lo que se ha denominado como “Little BIM”. Es la herramienta que permite la metodología y presenta una revolución respecto al modo de trabajar hasta el momento.

“No se debe confundir un programa de modelado 3D con BIM. Para usar tecnologías BIM se debe partir de un programa de modelado 3D, pero no todos los programas de modelado 3D son una herramienta BIM. Además de estar basado en objetos y de permitir bases de datos relacionales, dichos objetos deben corresponder con categorías o clases constructivas o arquitectónicas” (Alarcón Lopez, Martínez Cava, & Martínez Gomez, 2013)

#### 3.1 Diferencias respecto a sistemas anteriores

Históricamente la representación de dibujos para la construcción de edificios se realizaba utilizando medios manuales gráficos como son la tinta o los pigmentos. Con ellos se representaban vistas bidimensionales como son alzados, plantas o secciones. Estas técnicas evolucionaron relativamente poco hasta la llegada del renacimiento italiano donde se comenzó a utilizar la representación en perspectiva, son los inicios del uso de las tres dimensiones. Un hito importante fue también el uso de la representación diédrica por parte de Gaspar Monje a finales del siglo XVIII en la Francia de la revolución francesa. Posteriormente, poco han evolucionado los sistemas de representación más allá de la mejora en los utensilios de dibujo como el uso del compás, tiralíneas o estilógrafos de diferentes grosores.

El cambio surge a finales de los años 70 con la aparición del diseño asistido por ordenador. Aplicaciones tan habituales actualmente como Autocad data de finales de 1982. Estas nuevas herramientas de representación no suponían más que un cambio respecto al lienzo de dibujo. Se pasa de trabajar en un formato físico como es el papel al formato virtual. Las mejoras que presentó este sistema sobre todo fue la agilidad en el proceso de representación; repetición de comandos o facilidad de modificación fueron aspectos que han convertido al diseño asistido por ordenador en la revolución de los últimos 20 años.



En la década de los 90, aparecieron en la misma línea, programas que permitían una mayor definición visual de la representación. Este software permitía ya añadir texturas a los materiales para una mejor renderizado.

Ante estos precedentes, en los últimos años aparece un nuevo tipo de software, el software BIM. Este software se caracteriza y se define como “una herramienta que permite almacenar información, ordenada como una base de datos, asociada a la geometría de entidades arquitectónicas de un edificio” (Hernandez).

Con métodos anteriores, el proyectista introducía líneas o círculos, actualmente se representan entidades arquitectónicas con características propias como son pilares, forjados, carpinterías, etc. Esta geometría no es aparente sino que pasa a ser paramétrica.

La información que se representa en el software BIM no solo se limita a modelos arquitectónicos sino que abarca desde el dimensionamiento de instalaciones de cualquier tipo como son fontanería, electricidad, climatización, ventilación, saneamiento, etc., hasta incluso el cálculo del rendimiento térmico del edificio o su eficiencia energética ya que los elementos de los que antes se hablaba se representan con los materiales reales que lo conformarán, así estos disponen de sus características físicas y mecánicas.

La utilización de esta tecnología nos lleva a generar un compendio de documentación mucha más exacta y unificada.

### 3.2 Estándares BIM

Este concepto se refiere a un marco común que todos los agentes involucrados en el proyecto deben integrar en el momento de trabajar en él. Se trata de un aspecto a realizar en la fase previa a iniciar el proyecto y fundamental para el correcto funcionamiento del trabajo colaborativo. Se le asignará a una persona en concreto esta labor, la cual mediante reuniones con los modeladores acordará cuales son los detalles específicos que interesan a cada disciplina.

De manera general, se propone la creación de una serie de apartados dentro de los estándares BIM.

Se trata de una serie de carpeta que recogerán aspectos relativos a todas las disciplinas de proyecto como aspectos divididos por disciplina. Se han identificados como fundamentales los siguientes:

- Familias de diseño:
  - o Tablas de Planificación y cantidades: Se deberán definir cuadros de planificación de cantidades tales como cuadros de pilares, muros, suelos, techos, instalaciones, etc... Cada una de ellas contendrá los campos concretos que interesen en cada caso dependiendo de la unidad predominante necesaria para la realización de las mediciones oportunas. Es decir, los elementos en los que predomine el área como son suelos, techos o acabados, se definirán con el campo “área”, mientras que elementos como pilares en longitud y otros como zapatas en volumen. A todo ello se le sumarán otros como fase, nivel de base, nivel final o cualquier otro.
  - o Planos: Se crearán planos en los diferentes tamaños normalizados. Todos ellos incluirán un cajetín definido por la persona responsable de los estándares en el cual quedarán reflejados todos los parámetros convenientes tales como empresa, desarrollador, fecha, nombre del documento, entre otros.
  - o Leyendas: Definición de cuadros de texto comunes para todas las disciplinas o particulares para cada una.
  - o Plantillas: Al inicio del modelado en cada disciplina se abrirá un archivo concreto de familia de plantilla en la que vendrán definidos una serie de parámetros métricos y de visualización concretos para favorecer el trabajo dependiendo de si se trata de MEP, Estructura o Arquitectura.
- Librerías de familias específicas: Este apartado incluye todas las familias necesarias para la ejecución del proyecto. Son muchas las maneras de organizarlas; bien por tipo de

elemento o por procedencia. Por defecto, el fabricante del software (Autodesk por ejemplo) suministra una librería extensa de familias agrupadas por tipo de elemento, a estas se le podría añadir componentes creados por los modeladores del proyecto o por marcas comerciales, de esta manera todas quedarían agrupadas por categoría.

La otra opción es diferenciar por procedencia. De esta manera se dispondrían de diferentes carpetas con la nomenclatura del desarrollador de software, fabricantes y propias.

Además se archivarán los materiales y texturas que se utilicen tanto en archivos de imagen como en forma de librería.

- Manuales y tutoriales: Se incluirá la documentación corporativa en la cual el usuario podrá consultar dudas respecto al funcionamiento BIM así como tutoriales en forma de video o audio.
- 

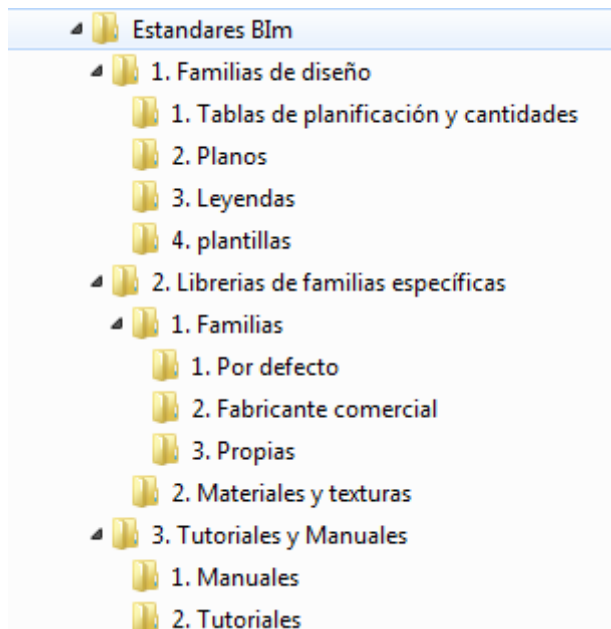


Ilustración 6: Sistema de carpetas Estándares BIM (Fuente propia)

### 3.3 Interoperabilidad de software

En la carrera por buscar la interoperabilidad entre softwares BIM surge la poca falta de acuerdo entre compañías desarrolladoras a la hora de favorecer la coordinación y exportación de datos de un programa a otro. Ello se encuentra en contra de una de las premisas BIM: La transmisión de información entre agentes.

Es por ello que empresas como OpenBim se han puesto manos a la obra en la labor de establecer un marco común en el que trabajar conjuntamente.



Open BIM es una propuesta global para fomentar la colaboración en el diseño, ejecución y mantenimiento de edificios, basada en estándares y flujos de trabajo



*Ilustración 7: Logo Open BIM (Building Smart, 2013)*

abiertos. Está formada por empresas punteras en el sector, las cuales desarrollan software BIM, y Building Smart.

¿Por qué es importante? (Allplan, s.f.)

1. Open BIM funciona con un flujo de trabajo transparente y abierto que permite que los miembros del proyecto participen, independientemente del software que utilicen.
2. Open BIM crea un lenguaje común para procesos con numerosas referencias, gracias al cual las empresas del sector y los Gobiernos pueden acordar proyectos con condiciones comerciales transparentes, evaluaciones del servicio comparables y una calidad de datos asegurada.
3. Open BIM proporciona datos permanentes para utilizarlos a lo largo del ciclo de vida del proyecto. De este modo, se evitan las entradas de datos duplicadas y los errores consiguientes.
4. Tanto los grandes como los pequeños proveedores de software pueden participar y competir en soluciones de primera clase independientemente del sistema que utilicen.
5. Open BIM refuerza la oferta de productos en línea con búsquedas más precisas de las solicitudes de los usuarios y suministra los datos del producto directamente en BIM.

La gran apuesta del sector es la creación de un formato abierto de intercambio de datos: El formato IFC.

“El formato IFC, “Industry Foundation Classes”, es un formato de datos de especificación abierta. Fue desarrollado por el IAI (International Alliance for Interoperability), predecesora de la actual

Building Smart, con el propósito de convertirse en un estándar que facilite la interoperatividad entre programas del sector de la construcción” (IFC Workshop, s.f.)

“El formato IFC (Industry Foundation Classes) es de especificación abierta y no está bajo el control de ningún fabricante de software. Ha sido desarrollado por el IAI (International Alliance for Interoperability) con el fin de convertirse en un estándar que facilite la interoperatividad entre programas del sector de la construcción”. (Cype, s.f.)



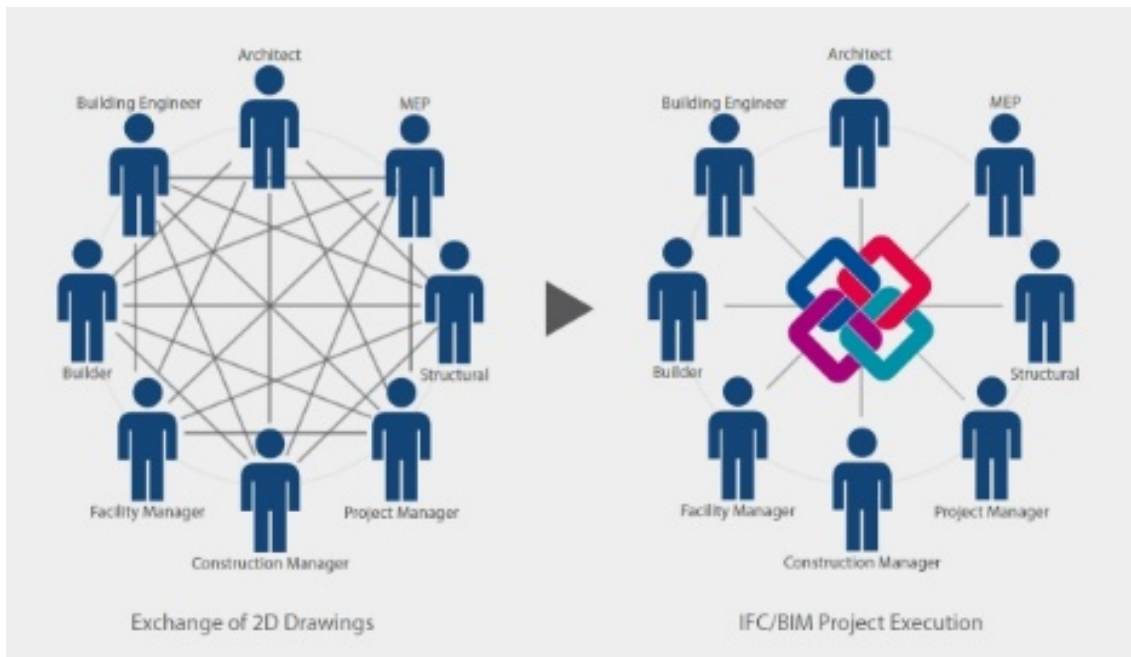
IFC2x3 CV2.0



*Ilustración 8: Logo Formato archivos IFC (Forum, s.f.)*

Se trata de un formato común entre todos los softwares en el que se representa información geométrica y alfanumérica. Mediante los archivos IFC todo tipo de software BIM puede leer y escribir información e intercambiarla. Si bien es cierto que cada software puede utilizar alguna opción exclusiva difícil de intercambiar, es una herramienta muy potente poder exportar geometrías e información de manera que se produce un ahorro de tiempo cuantificable.

Los beneficios que presenta son los que se desprenden de la definición. Genera un soporte en la comunicación e interacción entre los diferentes agentes de manera que los datos constructivos son definidos una sola vez consiguiendo una reducción de coste así como la certeza de que los datos son coherentes entre los diferentes softwares.



*Ilustración 9 (Forum, s.f.)*

En su aplicación es cierto que es más complicado de lo que parece. En las empresas BIM existen personas a cargo de la compatibilidad de archivos. Se vela por que la exportación de datos sea correcta y lo más parecida al original posible. Es un formato que dispone de varias opciones y es necesario un conocimiento más profundo para escoger la adecuada.

### 3.4 Trabajo colaborativo. Subproyectos.

Este aspecto es fundamental en cuanto al modo de trabajo. La base de la metodología BIM es el trabajo en un único modelo dividido en subproyectos. Dichos modelados secundarios no son independientes entre ellos sino que están vinculados y los cambios repercuten en el modelo general. El objetivo del flujo de trabajo es que cada agente trabaje únicamente en la parte en la cual es especialista, sin modificar el trabajo de los demás, compartiendo información.

Se trata de un sistema de trabajo nuevo y complicado si se trata de la primera toma de contacto. Es necesario tener nociones de trabajo en servidores y aprender a trabajar con las opciones de subproyectos pero sin duda trabajar en modo colaborativo es una gran ventaja a futuro.

En primer lugar es necesario crear un archivo central. Este archivo es el modelo del que se nutrirán todos los subproyectos posteriores. Es creado por el administrador de proyecto y contiene el modelado básico del proyecto. Este archivo no se debe modificar pues contiene las restricciones que debe cumplir inexorablemente. Es más, una vez creado el modelo central y guardado en red, cada usuario debe guardar ese archivo en su disco local con su nombre de usuario.

A partir del modelo central, se crean los subproyectos que sean necesarias. Estos proyectos no son más que divisiones de trabajo. Existirán tantas divisiones como sean necesarias y no tienen por qué existir hasta el final del proyecto ya que éstas se sincronizan con el modelo central.

Un aspecto muy interesante de estas divisiones son las restricciones. El trabajo colaborativo no sería productivo sin todos los agentes pudieran modificar todos los aspectos del modelo. Debido a ello, el administrador genera autorizaciones para cada agente dependiendo de los componentes que necesite modificar. Puede existir un subproyecto de estructuras en el cual solo se le permita al calculista el modelado de perfiles y forjados o uno de instalaciones en el cual sea posible el modelado de agua fría, caliente y sanitaria. Ello evita las interferencias ya que

en todo momento se deben adaptar al modelo arquitectónico ya previsto en el modelo central. Estos trabajos en paralelo se van actualizando por intervalos de tiempo de manera que todos pueden observar los progresos de los demás.

Pese a lo acotado que está el proyecto, existe la posibilidad de modificar elementos de otros subproyectos pertenecientes a otros usuarios. En el caso de querer modificar un componente del que no eres propietario puedes solicitar el préstamo y realizarlo.

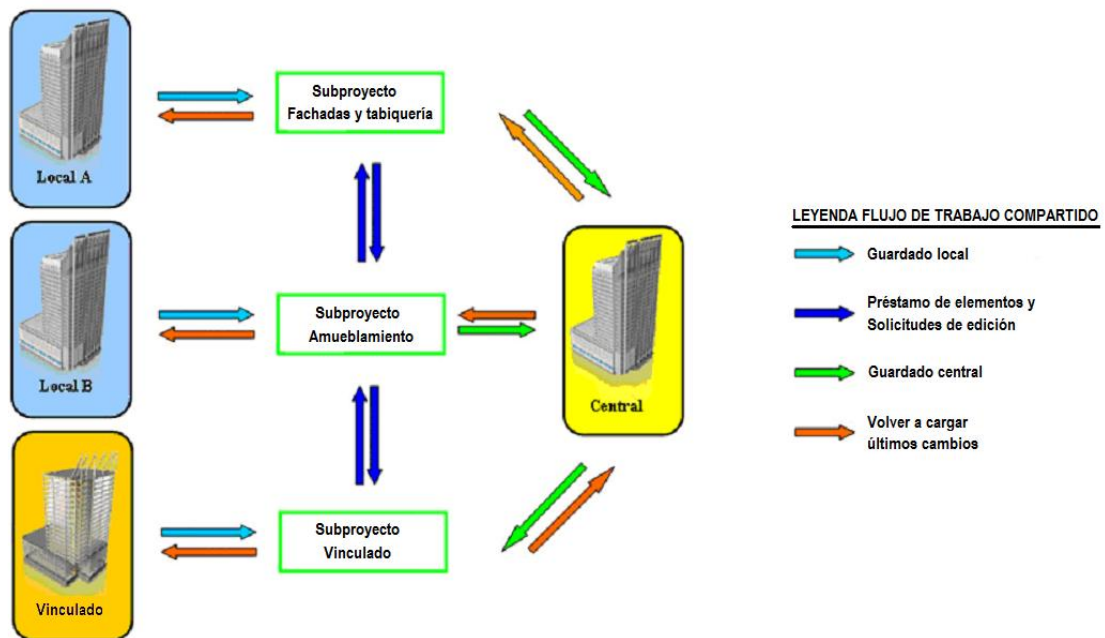


Ilustración 10: Trabajo colaborativo BIM (Arqtool, s.f.)

Se ha querido dejar para el final la configuración del trabajo en Red. Puede parecer sencilla pero genera problemas. Todo el flujo de trabajo descrito anteriormente es en vano si no se trabaja en red. Hay que diferenciar dos métodos de trabajo: Si todos los agentes se encuentran en una localización concreta con una misma red o si existe algún agente en otra localización. Esta segunda puede ocasionar más problemas de conectividad. Las siguientes líneas describen brevemente el procedimiento a emplear. No se trata de un manual sino de una breve reseña:

- Worksharing mediante Red local: Se utiliza en el caso de que los participantes del proyecto se encuentren en un mismo lugar físico y utilizando una misma red. Es el caso más sencillo. Para ello, se deberán configurar todos los equipos para que pertenezcan a

un mismo grupo dentro de la Red (Grupo Hogar por ejemplo). Ya solo queda compartir agregar la ubicación de red, es decir, el proyecto que hemos compartido con el grupo. Aparecerá en la pestaña equipo la carpeta compartida y ya estamos listos para trabajar en modo cooperativo.

- Worksaring a través de internet: Si nuestro equipo se encuentra en ubicaciones geográficas diferentes no podremos utilizar el método antes descrito. En ese caso el procedimiento se complica.

Existen herramientas creadas para tal fin como es el caso de Revit Server. Desarrollada por Autodesk, necesita el uso de Windows Server para su funcionamiento. Esto quiere decir que en el caso de trabajar entre entornos con más de dos personas en cada uno nos puede resultar útil. Sin embargo, si se desea trabajar con un colaborador externo que opera desde su casa o simplemente en una red sin servidor resulta imposible. “Autodesk hace dinero con los peces grandes y en detalles como este es donde se nota” (Ivan Guerra Barroso, 2013).

Una opción alternativa es el uso de una red VPN o red privada virtual. La idea es hacer creer a nuestros ordenadores que están trabajando en una red local. Con este sistema no necesitamos servidores ni software externo. El inconveniente es que es más difícil de configurar.

Para los usuarios con dificultades en la creación de VPN existen programas como Hamachi o Teamviewer que dan respuestas. El funcionamiento es similar a una red privada virtual pero se depende de un servidor externo (son sus posibles desconexiones) o limitaciones de usuarios en la versión gratuita.

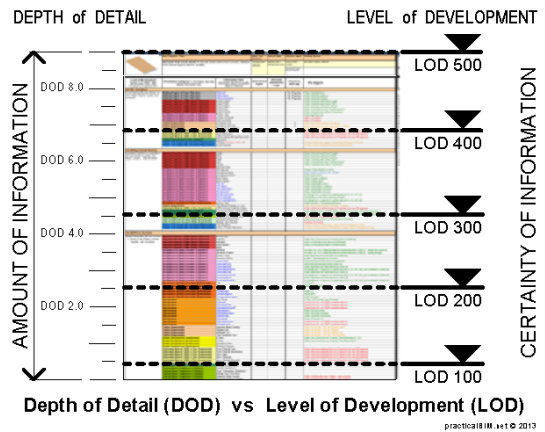
Finalmente, existe la posibilidad de uso de nubes tradicionales y de uso común como es el caso de Dropbox. Se trata de un sistema rudimentario no pensado exclusivamente para el trabajo colaborativo. Las ventajas que posee es su rapidez ya que en el momento de sobrescribir el archivo general, el programa detecta únicamente las partes que han sido modificadas y no sube el archivo completo. El inconveniente es la posibilidad de error: Debido a que se trabaja en un mismo archivo pueden existir duplicidades si se sincroniza a la vez con el modelo central.



#### 4. Nivel de desarrollo y nivel de detalle

El Nivel de desarrollo viene definido por las siglas LOD (Level of development). Se define como el nivel de desarrollo o madurez de la información que posee un elemento del modelo, y este es la parte de un componente, sistema constructivo o montaje del edificio. (AIA, American Institute of architects).

Existe cierta confusión con el acrónimo utilizado ya que puede corresponder a dos términos completamente diferentes. LOD, podría referirse tanto a Nivel de Detalle como a Nivel de Desarrollo. El primero viene definición como la evolución lineal de cantidad y riqueza de un proceso constructivo; se incrementa con el tiempo y se refiere al modelo de proyecto, los costes/presupuestos y la planificación temporal (Javier Alonso Madrid). El nivel de desarrollo se refiere a los elementos que conforman el proyecto como se ha definido anteriormente.



*Ilustración 11: Level of development BIM (TheBIMhub, s.f.)*

Si bien es cierto que ambos términos se encuentran bastante relacionados. No se puede obtener un cierto nivel de desarrollo si no existe un buen nivel de detalle. Definir solo uno de ellos no tiene sentido.

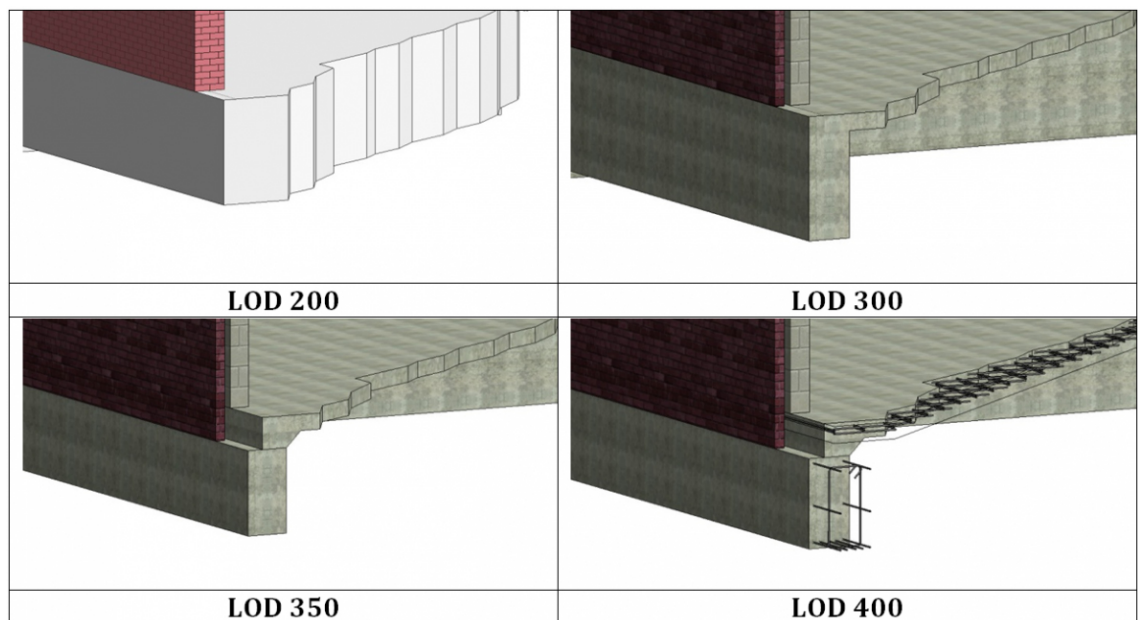
Intentando concretar en ambas definiciones y buscando entender sus diferencias, se puede decir que el nivel de detalle representa la cantidad de información que se aporta y el nivel de desarrollo la calidad de la información. Los niveles de detalle están relacionados con la fase de desarrollo de proyecto en la que nos encontramos mientras que los niveles de desarrollo están orientados a mostrar la información que cada fase o dimensión BIM requiere.

Al contrario que los niveles de diseño, los niveles de desarrollo no tienen ninguna relación con la fase de desarrollo o construcción. Estos niveles vienen determinados por los requerimientos de contenido del elemento y por sus usos autorizados (Análisis, coste, programación, coordinación, otros).

La Asociación Americana de Arquitectos, en su documento G202 de 2013, ampliación del documento E202 del año 2008, define cinco tipos de niveles de desarrollo aunque señala que cualquier agente tiene la libertad de incluir otros niveles de desarrollo dependiendo de sus necesidades.

Estos cinco niveles definidos varían en el nivel de madurez del elemento, a medida que aumenta el LOD son añadidos más parámetros al modelo y además estos se van convirtiendo en parámetros modificables.

Existe una relación entre los niveles de desarrollo y la función que el elemento muestra. Es decir, un nivel LOD 100 nos permite estimar en su conjunto como va a ser el elemento; LOD 200 de una manera más específica, LOD 300 ofrece tanto detalle como para poder “comprarlo”, LOD 400 define la instalación o construcción del elemento y LOD 500 su mantenimiento.



*Ilustración 12: Ejemplo de niveles de desarrollo (Autodesk, s.f.)*

A continuación se pasa a detallar todos ellos.

- LOD 100:

Es el nivel básico. Puede estar representado simplemente por un símbolo o un elemento genérico, no es necesaria una representación geométrica. En este nivel se precede al análisis en base de dimensiones geométricas si existen o la ubicación respecto a otros elementos. Además, es factible para la determinación de costes en función de parámetros como área, volumen o longitud. Por último, permite ser utilizado para la programación de fases y duraciones.

- LOD 200:

En este nivel de desarrollo ya se comienza a definir el elemento gráficamente y se especifican, si bien aproximadamente, su tamaño o forma. Destacar que es el primer nivel donde se puede incluir información no gráfica, es decir, parámetros como puede ser el coste, peso, fabricante y manuales.

En cuanto a los usos: El elemento puede ser analizado para su funcionamiento en base a criterios generales de proyecto, corresponde a este nivel la estimación de costes vinculados a datos geométricos, puede ser utilizado para mostrar planificación de tiempos y por último, el elemento puede ser utilizado para coordinarse con otros elementos de proyecto en base a dimensiones, ubicación, trayectorias y criterios de prioridades

- LOD 300:

Se definen de forma precisa características gráficas como tamaño, forma, y/o ubicación. Además el elemento queda definido con detalle geoméricamente, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje, dimensiones, forma, ubicación y orientación. Además cabe la posibilidad de incluir información no gráfica vinculada al elemento.

El elemento puede ser analizado para su funcionamiento en base al uso de criterios específicos del propio elemento y puede requerir información no gráfica complementaria. Los costes son valorados de una manera específica y precisa en base a datos concretos de fabricación y puesta en obra. La planificación y la coordinación no varían respecto al LOD anterior.

- LOD 400:

El elemento es definido geoméricamente en detalle, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación con detallado completo, información de fabricación específica para el proyecto, puesta en obra/montaje e instalación. También cabe la posibilidad de incluir información no gráfica vinculada al proyecto.

- LOD 500:

El elemento constructivo está definido geoméricamente en detalle, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación. También se indica la posibilidad de incluir información no gráfica vinculada al elemento.

Este nivel está relacionado con el llamado “as built”. Este nivel es prioritario, es decir, sustituye a la información que pueda haber en conflicto con otros niveles.

Está pensado para el futuro por ello debe incluir determinación del estado actual, especificaciones y aprobaciones de productos, uso y mantenimiento, directos e indirectos, gestión y explotación, así como renovaciones y modificaciones.

*Definiciones extraídas del documento E202 del “Building information modeling protocol exhibit” de la Asociación Americana de Arquitectos.*

El documento citado anteriormente que define los niveles de desarrollo permite la libertad de definición de niveles extras en función de las necesidades de los agentes. A continuación se detallan algunos ejemplos de niveles de desarrollo alternativos extraídos del documento “Nivel de desarrollo LOD. Definiciones, innovaciones y adaptación a España” del autor Javier Alonso Madrid.

- LOD 000:

Se destaca por definir los primeros pasos de un proyecto. Estos son las características propias del terreno (posición, altura, topografía, etc.), del entorno (clima, conexiones, soleamiento, etc.) y las propias de la parcela (referencia catastral, propietarios, dotaciones, etc.). Además se pueden definir las normativas urbanísticas aplicables tales como alturas mínimas o retranqueos. En el caso de proyectos de rehabilitación, se detallarán en este nivel de desarrollo los elementos existentes que no vayan a sufrir modificaciones posteriores. Destacar que la toma de datos de elementos existentes se puede realizar con herramientas de escaneado 3D de la que se tratará en capítulos posteriores.

- LOD 600:

Dado que la metodología BIM está orientada a toda la vida útil del edificio este nivel de desarrollo considera necesario la definición de los parámetros de reciclado de cada elemento. Si bien es cierto que en el nivel de desarrollo LOD500 se especifican las propiedades necesarias para el mantenimiento y uso de los edificios, no define las cuestiones energéticas derivadas del reciclado de forma directa.

- LOD X00:

Un aspecto muy importante en los proyectos es la correcta presentación en forma de realidad virtual. Es necesario que la metodología BIM se adapte y sea capaz de representar entornos realistas. Para ello es necesario un nivel de desarrollo que garantice aspectos como la textura de los materiales y en los que el nivel de desarrollo sea muy elevado para conseguir los resultados deseados.

## 5. Dimensiones BIM

La metodología BIM abarca varias dimensiones. Hasta el momento la mayoría de textos citan hasta 7 dimensiones, pudiendo encontrar en algunos la posibilidad de llegar en un futuro hasta la novena.

Las dimensiones son niveles en los que se va aportando cada vez un valor añadido nuevo. Un parámetro nuevo que influye en el modelo y aporta información.

### 5.1 3D: Modelado.

Esta dimensión es la menos innovadora de todo el espacio BIM. Como se ha comentado en anteriores apartados, hubo un momento en la historia del diseño en el que se pasó de utilizar representaciones bidimensionales, representadas en dos ejes cartesianos, a incluir un tercer eje representando las profundidades.

BIM trata esta tercera dimensión de la misma manera, con la salvedad de que a partir del modelado en tres dimensiones luego se puede extraer información bidimensional. No se trata de una representación en perspectiva de la que únicamente se tiene la visión desde un punto de vista acotado sino que se modela el conjunto de manera que todas sus vistas son conocidas. De esta manera se realizaría el camino inverso y se obtienen secciones, alzados, plantas y perfiles a partir del modelo tridimensional.

Además, la novedad BIM, es la parametrización de los objetos. El modelado está orientado al objeto de manera que se representa cada uno de ellos con una geometría detallada. Este detalle se consigue mediante los parámetros, información numérica de la geometría de los elementos. De esta manera, modelar no es únicamente dibujar, es además una representación paramétrica, introduciendo datos en forma de dimensiones, materiales, textos y cualquier característica que defina el elemento.

#### 5.2 4D: Tiempos.

En esta dimensión se incluye la variable tiempo. Cuando se modela cualquier elemento se le añade el parámetro temporal, definiendo así aún más su condición.

Incluyendo la temporalidad ligada al modelo se pueden realizar simulaciones de fases de ejecución y revisiones del estado de demora o adelanto. También permite realizar diagramas temporales convencionales como es el diagrama de Gantt, muy utilizado en proyectos de construcción.

Esta cualidad está enfocada a la consecución de lo que se conoce como la filosofía “Just in Time” que aboga por una mayor eficiencia en los procesos.

#### 5.3 5D: Costes.

Comprende todo lo relativo al control de costes y estimaciones gastos de proyecto. Cada elemento representado en el modelo tiene un coste asociado. Ello permite realizar análisis presupuestarios detallados sin un trabajo añadido, obtenidos directamente del modelo. Además permite la realización de predicciones más precisas sobre las desviaciones de proyecto y cuanto es necesario para llegar a los objetivos.

Todas las dinámicas de gestión y control de proyecto en este sentido van directamente relacionados con mejorar la rentabilidad del proyecto. Saber con detalle el coste de cada elemento y disponer de él en un único lugar, asociado directamente con el elemento.

#### 5.4 6D: Eficiencia energética.

Concierne todo lo relativo a la sostenibilidad del modelo. Cubre aspectos tales como el uso energético, durabilidad en el tiempo de los materiales, diseño medioambiental y estrategias energéticas.

Algunos parámetros interesantes para esta dimensión son por ejemplo la conductividad térmica, el aislamiento acústico, viscosidad, lúmenes, potencias o reflectividad entre otras. Cada elemento incorpora sus características específicas por defecto, no es necesario que el diseñador las introduzca. Si bien es cierto que dependiendo del nivel de desarrollo de cada elemento es posible modificarlas o en el caso de la creación de materiales nuevos definir las a conveniencia.

Con el uso de complementos adecuados para cada estudio, automáticamente se generan resultados sin necesidad de insertar los datos en otro software alternativo, reduciendo así el tiempo.

#### 5.5 7D: Mantenimiento.

Como es conocido, la metodología BIM abarca toda la vida útil del proyecto. La fase de mantenimiento es el último de los trabajos concernientes al proyecto (sin tener en cuenta la demolición). Es un aspecto muchas veces olvidado ya que muchos profesionales consideran que el proyecto finaliza con la ejecución. Nada más lejos, el mantenimiento es un aspecto indispensable hasta el fin último del proyecto.

Una de las razones fundamentales BIM es la captación y almacenamiento de toda la información concerniente al modelo. Este es un aspecto vital durante la ejecución pero también lo es en la fase posterior de uso y explotación.

El mantenimiento o Facility Management permite el control logístico del proyecto durante su uso prolongando la vida útil y eficiencia del mismo.

Debido a que se modela “as built” es decir, se representa un modelo idéntico al realizado, la capacidad de consulta es muy elevada. En cualquier momento, haya sucedido el tiempo que haya sucedido, el usuario de las instalaciones tiene la posibilidad de conocer las características de los materiales que está viendo ejecutados. Ello le ofrece beneficios a la hora de realizar modificaciones ya que conoce al proveedor del sistema o sus características para poder pedir un repuesto de cualquier pieza averiada, por ejemplo.

El modelo deberá incluir todas las especificaciones de los materiales, planes de mantenimiento, manuales e información relativa a la garantía.



Un aspecto importante relativo al mantenimiento es el canal que se utiliza para hacer llegar la información al cliente. Cuando se refiere al usuario no necesariamente es una persona familiarizada con el entorno BIM, puede ser cualquier usuario final como el dueño de una vivienda. En apartados posteriores se versará sobre algunos métodos como pudiera ser la Realidad Aumentada o la integración del modelo en Smart Phone mediante aplicaciones interactivas. Todo ello sin perder la esencia BIM de modelo único e información vinculada, siempre virtual.



Ilustración 13: Dimensiones BIM (Building Smart, 2013)

## 6. BIM durante el ciclo de vida del proyecto:

El proyecto BIM abarca todas las fases correspondientes a su ciclo de vida. La información que se va recogiendo desde los inicios es básica y de utilidad en el resto de su vida útil. Pero cada fase tiene unas características propias y unos trabajos específicos. Estos trabajos correspondientes a cada fase son diferentes pero generan un todo ya que se realizan dentro del espacio de modelo único. Por tanto, repercutirá en las posteriores fases.

Los objetivos que se persiguen realizando los proyectos en BIM son entre otros (Miguel Angel Gea Andrés (Total BIM Consulting)):

- Obtener las ventajas que proporciona la metodología BIM para el control de la fase de ejecución de proyecto: como es el caso de la coordinación de documentación de proyecto, la detección de interferencias interdisciplinarias, rectificaciones y aclaraciones de proyecto previas al inicio de la construcción, consultas y cálculos, planificación 4D/Secuencias de construcción.
- Aplicar el modelo de información del edificio en las fases de gestión, control y seguimiento de la ejecución, además de la explotación posterior de las instalaciones.
- Reunir toda la información en una sola base de datos, integrada e interoperable, que pueda ser utilizada por todos los agentes desde el proyectista hasta los usuarios finales.
- Visualización del modelo “as built” antes de su ejecución

A continuación se detalla el ciclo de vida útil del proyecto en tres fases claramente diferenciadas. La primera es la fase de proyecto donde se definen las bases, la siguiente la fase de ejecución perteneciente a la realización del proyecto físico y finalmente, las tareas de mantenimiento que llevarán a este a su fin último.

### 6.1 Fase de proyecto:

La fase de proyecto correspondería a la fase de diseño. Se entiende incluida en esta fase desde los primeros bocetos que dan forma al proyecto, el proyecto básico y finalmente el proyecto de ejecución. Abarcando todos los documentos que ello lo conforman.

Es cada vez más habitual que las administraciones públicas se integren en la metodología BIM y exijan la presentación de concursos de obra pública mediante modelos BIM. Este es el caso, por ejemplo de la Ciudad de la Justicia de Córdoba o el Centro Cívico de la ciudad de Vitoria (Total BIM Consulting). En este caso, la administración facilita la documentación necesaria donde expresa los objetivos y las necesidades a los participantes del concurso. Normalmente la documentación es entregada en formato CaD, aunque lo ideal es que desde el inicio toda esta información esté generada en BIM.

En fase de proyecto, se van a generar al menos dos modelos: el Proyecto de Ejecución Base (PEB) y el Proyecto de Ejecución Definitivo (PED).

En esta primera fase es necesario que el modelo incluya toda la geometría, características físicas y datos de los elementos constructivos. Con estos datos se va modelando el proyecto, con el nivel de desarrollo necesario para cada familia, y se pasa del Proyecto de ejecución Básico al Proyecto de Ejecución Definitivo, de manera que todos los elementos constructivos e instalaciones están registrados para que de manera automática se puedan generar mediciones, valoraciones y certificaciones.

Cada proyecto, PEB y PED, estará subdividido en las tres disciplinas que conforman el proyecto. Las especialidades son: Estructura, arquitectura e instalaciones (incluyendo el estudio energético). Estas tres disciplinas se trabajarán en modelos independientes pero siempre teniendo en mente que se deben poder integrar en un modelo común, centralizado, que muestre el proyecto como un todo y así poder visualizar las interferencias y conflictos que pudieran originarse de una manera intuitiva y gráfica.

## 6.2 Fase de ejecución:

La fase de ejecución corresponde a la puesta en marcha del proyecto que se ha diseñado. Debe ser una continuación de este en la cual se utiliza la información allí plasmada y se actualiza.

Es obvio que la fase de ejecución no tiene la precisión que la fase de proyecto puede otorgar. En el momento del diseño, por más información que tengamos, no se pueden tener en cuenta todos los condicionantes externos que se generan en el momento de la ejecución. Por ello, hay que tener claro que la ejecución no va a ser exacta a lo estimado en proyecto. Cada vez seremos más eficaces pero nunca exactamente igual. Además, durante la ejecución siempre se producen modificaciones obligadas por el cliente. Es por ello, que la fase de ejecución debe dedicarse a actualizar el modelo previsto en proyecto, es lo que se conoce como modelo “as built”, es decir, una actualización conforme a lo ejecutado en obra.

En esta fase, además, corresponde el uso de todas las herramientas de gestión. Tras actualizar los pequeños detalles que se hayan modificado, se pueden realizar las certificaciones oportunas de lo ejecutado o cálculos temporales para observar la demora o adelanto de la obra.

### 6.3 Fase de mantenimiento:

La fase de mantenimiento corresponde, sin duda, a la fase menos valorada dentro del ciclo de vida útil de un proyecto. Únicamente en los casos de instalaciones industriales se le presta alguna atención. El objetivo de la metodología BIM es que este proceso de mantenimiento se realice en cualquier proyecto, sin importar si se trata de una empresa de la que dependen sus beneficios del estado de sus maquinas o si se trata de un particular que debe conservar en condiciones su inmueble, la cual es su responsabilidad legal por otro lado.

En este punto, es de vital importancia el software. Las labores de mantenimiento en la mayor parte de las veces corresponden al cliente final. Es por tanto este agente, una persona no relacionada con el proyecto constructivo, no formado en la técnica. Es necesario saber transmitir la información que ha sido recogida durante el proyecto de la manera adecuada. En las fases anteriores de proyecto y ejecución, todos los agentes involucrados deben estar manidos en el software de trabajo y aunque, como se ha visto, se trabaje en softwares diferentes, siempre confluyen en un formato común. En el caso del cliente final debe ser del mismo modo; se debe seguir con la interoperabilidad que hace gala la metodología BIM y convertir la información a un formato fácil de utilizar.

Son numerosas las compañías que han desarrollado software de mantenimiento BIM (YouBIM, Autodesk PLM360, IBM máximo integration). Todos ellos se centran en la correlación entre los parámetros de información BIM y el modelo 3D. Estos softwares sacan partido de la no formación técnica del cliente final. Este agente no quiere invertir en el aprendizaje de software BIM ni en invertir en licencias de uso, quiere un software sencillo que le permita administrar sus instalaciones. En este punto, estas compañías desarrolladoras de software se encargan de convertir toda la información generada durante el proceso e integrarla en una plataforma que funcionará online y desde cualquier Smart Phone, de esta manera el cliente solo tiene que pasear por sus instalaciones, seleccionar en su pantalla el elemento que está viendo realmente frente a él y con un solo click acceder a toda la información. Esta información no es más que la que ha sido generada en el modelo virtual, pero de una manera más amable. Podrá consultar manuales, programas de revisiones, registro de averías, empresa fabricante o colocadora y su contacto por si fuera necesario.

Algunos ejemplos para dejar claro que este mantenimiento no se limita solo a la industria sería por ejemplo el caso de un propietario de una vivienda que quiere hacer una pequeña reforma en su vivienda. Es necesario cambiar el inodoro para lo cual será necesario la rotura de dos azulejos. Con programas de mantenimiento BIM, muy fácilmente puede visualizar el modelo de su vivienda y conocer el fabricante de esa pieza y su contacto para que compruebe si tiene en stock ese mismo azulejo que se suministró hace diez o quince años. Son casos simples, vulgares pero muy comunes y molestos. También, en el caso de una reforma de más envergadura, es común no saber que nos vamos a encontrar en las zonas ocultas hasta que no se procede a la demolición. Si ese proyecto se hubiera realizado con BIM, desde la fase inicial de estudio tendríamos toda la información y las previsiones serían mucho más precisas.

## 7. Proyecto BIM:

En cuanto a proyectos BIM podemos encontrar fundamentalmente dos tipos de proyectos, de obra nueva o a realizar en edificaciones ya existentes. La metodología a seguir en ambos es similar, lo diferente son las herramientas. La finalidad es llegar al modelo virtual pero para ello, dependiendo del tipo de proyecto, la toma de datos será diferente.

### 7.1 Obra nueva:

Es el proyecto ideal, en el cual desde los inicios se comienza a diseñar en BIM. Cumple todas las fases antes descritas: Una fase de proyecto, ejecución y mantenimiento realizada desde la visión de la metodología.

Desde la visión de la empresa constructora y dada el escaso nivel de implantación BIM que encontramos en nuestro país, muchas veces la solución para la realización del seguimiento de obra en proyectos de obra nueva es la conversión de planos Cad al formato BIM. Se trata de un parche no recomendable y para nada consecuente con la metodología que aboga por el uso de BIM durante toda la vida del proyecto.

## 7.2 Edificaciones existentes

En el caso de que la finalidad sea obtener un modelado de la información de unas instalaciones ya existentes, la toma de datos cambia respecto al apartado anterior. Ya no se produce una fase de diseño en la que se parte de cero modelando en BIM si no que la información se extrae de un proyecto en concreto. Para ello, la mejor herramienta es una toma de datos mediante escáner 3D y su posterior modelado a partir de la nube de puntos extraída.

## 8. La empresa BIM

En los últimos años son algunas las empresas BIM que están proliferando en nuestro sector. Sobre todo en países como Inglaterra, Finlandia o EEUU es común la oferta de servicios BIM por parte de las empresas constructoras, despachos de arquitectura o de ingeniería. Sin embargo, en nuestro país, son escasas las dedicadas a ello y de ningún modo dedican su actividad profesional a este tipo de proyectos a tiempo completo.

### 8.1 Servicios BIM

El perfil de una empresa que sigue la metodología BIM es la que ofrece servicios relativos a toda la vida útil del proyecto. Lo más común es que se trate de un despacho de arquitectura, ya que la generación del proyecto BIM es el paso inicial y primordial en el proceso.

Los servicios que en la actualidad ofrecen no se limitan solo a la realización de modelados y proyectos BIM sino que aprovechando el auge de la metodología y el desconocimiento generalizado en el sector, se ofertan además consultorías e implementaciones externas.

Por un lado, es interesante la realización de modelados de estructura, arquitectura e instalaciones existentes, generalmente mediante escaneado 3D ya que es la mejor opción y eficaz o mediante planimetría en Cad si se dispone.

Además, se encuentra la realización de proyectos como tradicionalmente se entiende. En lenguaje BIM se conoce como Pre-construcción ya que se generaría un modelo “as built” posteriormente similar al construido. Estos servicios comprenden: (AvatarBim, s.f.)

- Programa-Gestión de espacios, Estudios de Áreas y Volúmenes.
- Estudios climáticos y demanda energética de espacios.
- Integración de modelos ARQ-MEP-STR. Impacto modificados. Alternativas de diseño
- Detección de interferencias. Coordinación
- Estudios de costes. Control de costes 4D. Control de plazos 5D
- Planos de taller. Logística de obra Control Seguridad y Salud en obra.

Se estaría definiendo la gestión de un proyecto constructivo pero con la fiabilidad de la metodología BIM. Ello conlleva la gestión mediante un modelo único colaborativo y todas las ventajas que supone en detección de interferencias y su consiguiente ahorro en costes y tiempos.

Es evidente que estos modelos BIM se utilizarían durante la ejecución del proyecto de manera que el servicio de control de la ejecución es el siguiente punto a ofertar.

En paralelo a los servicios de modelización antes mencionados, bien tratándose de proyectos ya existentes o de obra nueva, existe el servicio de modelización y parametrización de familias. Las empresas ofertan la realización de elementos comerciales de empresas fabricantes o distribuidoras. Se realizan elementos constructivos, catálogos o familias a medidas de cualquier componente que incluye un proyecto. Estas familias tienen un nivel de desarrollo concreto dependiendo del nivel que exija el proyecto y tienen todas las características que la metodología BIM exige. Es decir, no se trata de un modelado únicamente tridimensional, dispone de características correspondientes a materiales y son paramétricas. En cuanto a materiales, estos presentarán sus texturas, propiedades acústicas, térmicas, costes y cualquier otra requerida. La parametrización, permite la ejecución de un solo modelo que posteriormente puede ser escalado a conveniencia: longitud, anchura, grosor, visibilidad de elementos concretos; son algunos de los parámetros más utilizados.

Debido a la creciente expansión de esta metodología y el desconocimiento que se presenta en las empresas que quieren introducirla, las empresas que ya han implantado los preceptos ofrecen el servicio de consultoría e implementación. Cursos de herramientas BIM, auditorias de modelos para empresas que estén iniciándose o planes de empresa para un correcto funcionamiento son los aspectos principales. Destacar que no solo una buena formación en la herramienta es necesario, ello se puede conseguir simplemente con cursos, es necesario que la organización adapte su flujo de trabajo para que todo vaya en consonancia. Bien es cierto que la herramienta condiciona y un actor muy importante en el proceso, se trata de un software muy extenso, con multitud de vertientes de las cuales en gran medida cada profesional deberá especializarse en su faceta.

El último punto en el que una empresa BIM debería invertir es la creación de software BIM. Las herramientas informáticas no están en muchos casos adaptadas a la normativa local ni a la forma habitual de elaborar estudios económicos, de cálculo o de control de proyectos y obras. A veces, es difícil encontrar un complemento que se adapte a las necesidades concretas de los clientes pese a que hay multitud de ellos. Por tanto, un aspecto muy importante es la creación de estos aspectos. Quizá, esta falta se hace más patente en los sistemas de mantenimiento. Entre profesionales, es fácil adaptarse a un interfaz concreto pero en el caso de clientes no familiarizados con esta tecnología es necesario que sea intuitivo y fácil de utilizar. Ellos nos están (ni deben estarlo) preparados para el uso de software como Revit o Navisworks.

## 8.2 Organigrama

Una empresa BIM no es simplemente la que sus integrantes conocen las herramientas y el software vinculado a ella. Una verdadera empresa BIM es la que entiende que se trata de mucho más, se trata de una forma de trabajo.

Es por ello que el personal que la integra debe estar organizado jerárquicamente de una manera concreta y cada uno tener unas responsabilidades dentro del proyecto.

Son diversas las jerarquías que se pueden encontrar dependiendo del tipo de trabajo que se realice o del tamaño de la empresa pero todas comparten una premisa fundamental: el trabajo



colaborativo. La estructura debe estar compuesta de manera que se produzca una buena comunicación y una reciprocidad en la ejecución del modelo único.

Un ejemplo, para la realización de proyectos, sería el que se muestra a continuación:

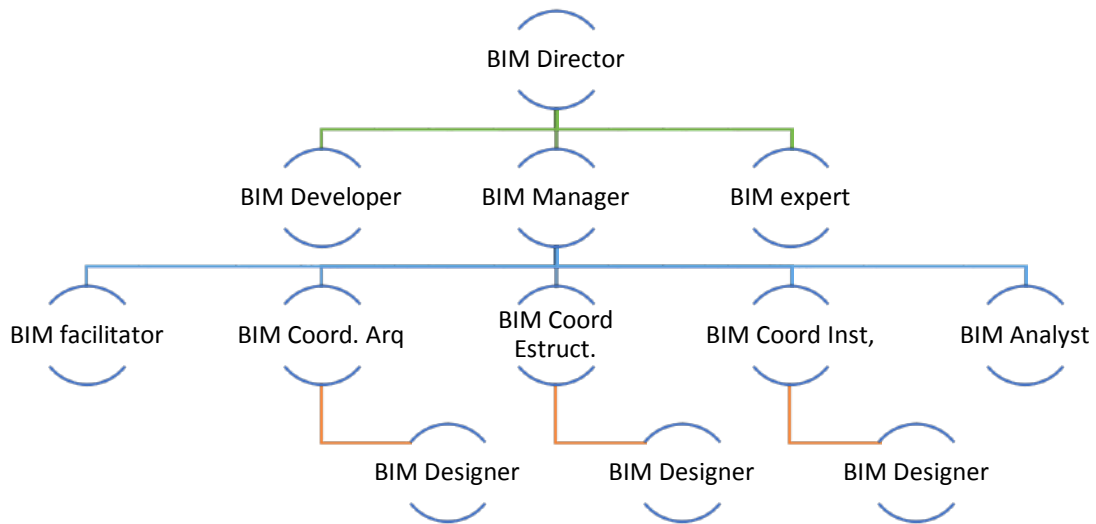


Ilustración 14: Organigrama de la empresa BIM (Fuente propia)

La estructura está formada por una persona de la que dependen el resto de agentes. El BIM director es el director de implantación de la metodología, el alma de la empresa y el principal valedor.

A su cargo en un primer eslabón se encuentra el Desarrollador BIM, BiM manager y BIM expert. El primero tiene como misión el desarrollo de complementos y herramientas BIM que faciliten el trabajo. Recibirá Feedback con el resto de agentes de manera que sus opiniones y sugerencias faciliten su labor. La figura del experto en BIM es la del responsable de la implementación y consultoría BIM. Se encuentra en un círculo externo a la realización de proyectos internos de la empresa. Su labor es la atención a empresas que estén iniciándose. Por último, y no por ello menos importante, se encuentra el BIM Manager. Es la persona de la que depende todo el proceso de modelado de proyectos. Su misión es la de coordinación de los diferentes departamentos de las especialidades. A su mando se encuentran los coordinadores de departamento BIM, el Analista BIM y el BIM facilitator.

Por un lado, se encuentran diferentes departamentos de cada una de las ramas que conforman el proyecto. Los más comunes son de estructura, arquitectura e instalaciones. El Coordinador BIM velará por la calidad y la consecución del modelado de su especialidad. Tiene como subordinados a los modeladores BIM y comunicación directa con el BIM manager. Además, dependientes de este último se encuentran dos figuras: BIM facilitator y BIM analyst. La labor del primero es la asistencia a profesionales no cualificados en BIM, mientras que el segundo se encarga de extraer datos del modelado; tareas de simulación, análisis energéticos, etc.

Finalmente, el BIM designer es la persona que se encarga del modelado del proyecto. Comprende sus funciones el diseño 3D así como la introducción de información paramétrica o la creación de materiales.

Resumen Agentes	
<b>BIM Director</b>	Responsable directivo de implantación.
<b>BIM Manager</b>	Coordinador de equipos BIM.
<b>BIM Cordinator</b>	Coordinador dentro de una disciplina.
<b>BIM Designer</b>	Experto en el uso del software BIM.
<b>BIM Analyst</b>	Encargado de la rama de simulaciones, análisis energéticos.
<b>BIM Expert</b>	Responsable de la implementación y consultoría BIM.
<b>BIM Facilitator</b>	Asistente de profesionales no cualificados en el entorno BIM.

Ilustración 15: Agentes BIM (Fuente propia)

### 8.3 Sistema de trabajo

El sistema de trabajo colaborativo de todos estos agentes estará centralizado por el modelo único BIM pero los subproyectos se estructurarán por carpetas con la organización que se muestra a continuación:

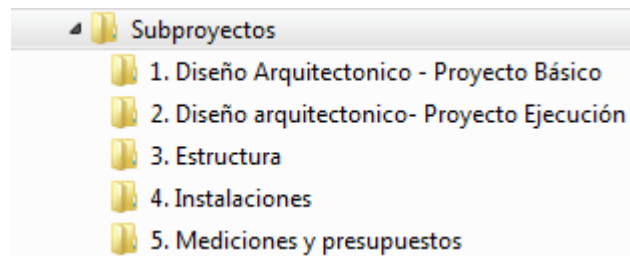


Ilustración 16: Estructura de carpetas en la empresa BIM (Fuente propia)

La relación de subproyectos que se muestran están ordenados en el tiempo por fase de realización y a su vez por departamento de supervisión. Aunque se trata de un trabajo reciproco con un feedback constante.

Los puntos uno y dos corresponden al departamento de arquitectura, gestionado por el BIM coordinator de esa disciplina y su tarea es la realización del proyecto en su conjunto espacial. Los entregables que se desprenden de ellos son el proyecto básico y el de ejecución.

El departamento de estructuras e instalaciones comienzan a dimensionar y diseñar los sistemas en los subproyectos contenidos en el apartado 3 y 4.

El último eslabón corresponde a la presentación de la oferta en forma de presupuestos con sus mediciones.

## CAPITULO 2: ESCANEOS TRIDIMENSIONALES.

El objetivo de dedicar un capítulo exclusivo para este tema no es con la intención de explicar las ventajas a nivel topográfico que estos aparatos generan si no en el sentido de la herramienta BIM que supone.

Esta herramienta supone un paso previo a la obtención del modelo. Se trata de una toma de información precisa y fiable que reduce los tiempos de trabajo de campo y de la que se obtiene la información directamente informatizada.

Un escáner 3D es un dispositivo que mediante el análisis de un objeto o conjunto de ellos, reúne datos de su forma y color.

Existen diferentes tipos de dispositivos con diversas características dependiendo de los resultados que se deseen obtener así como de las peculiaridades del objeto o escena que se desee representar.

A continuación se va a proceder a enumerar y describir los diferentes métodos existentes para posteriormente poder tomar una decisión adecuada respecto a las necesidades que nuestro proyecto presenta:

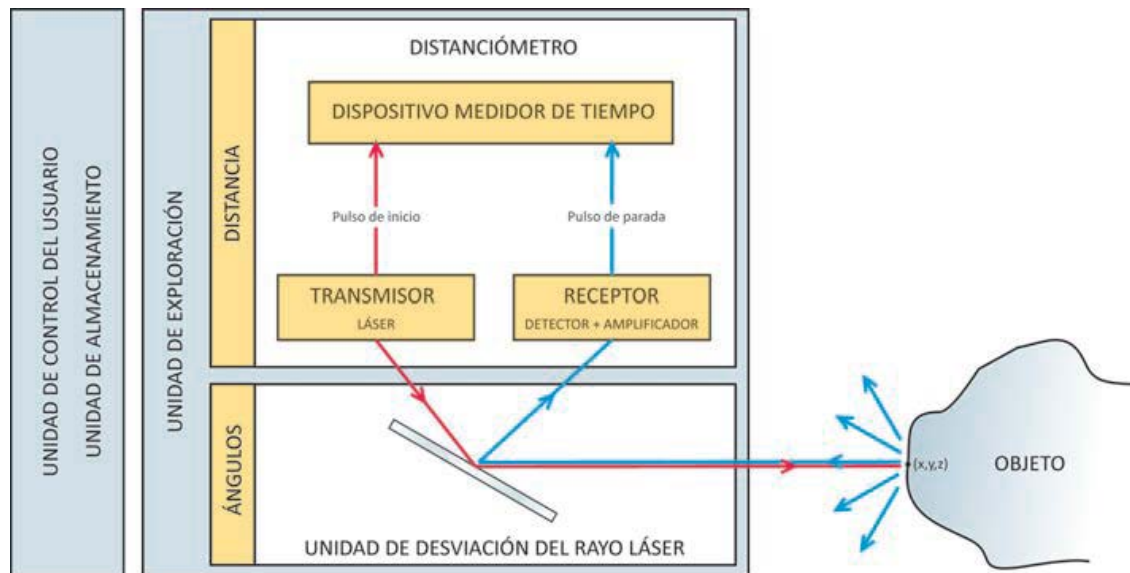
De manera genérica, los dispositivos de escáner 3D se clasifican en un primer momento en dos niveles diferenciados en su aspecto funcional. Existen modelos que trabajan con contacto y otros que trabajan sin contacto. Evidentemente la elección de uno u otro tipo de escáner dependerá de la disponibilidad que se presente de cara a acceder al objeto que se pretende

escanear. Si nuestro objetivo es tangible de una manera cómoda o fácil y no tiene una superficie excesivamente amplia optaremos por el uso de un escáner de contacto; de otro modos, nos decantaremos por la tecnología sin contacto.

En cuanto a los escáneres con contacto, su funcionamiento es mediante una punta de acero duro o zafiro que recorre la superficie del objeto a tratar de manera que los sensores dispuestos dicha punto determinan la posición espacial de cada punto. Este sistema presenta grandes desventajas respecto a los del tipo de contacto. Además de los ya enunciados en cuanto a la necesidad de tener acceso directo al objeto, destacar que al realizarse por contacto directo el escáner tiene el riesgo de poder dañar el objeto, aspecto muy peligroso en el caso de escaneos de objetos con carga histórica con cierto valor. Su velocidad tampoco es un factor beneficioso aunque sí que consiguen una precisión importante de 0.01 mm. En definitiva se trata de un sistema bastante limitado práctico únicamente en el escaneo de ciertos objetos de reducidas dimensiones.

Para el caso que nos ocupa, la tecnología adecuada es sin duda la relativa a escáneres sin contacto. En general, estos tipos de dispositivos emiten una señal en forma de radiación electromagnética o ultrasonidos de manera y analizan su retorno para determinar la geometría de un objeto o conjunto de ellos.

“En síntesis, podríamos decir que el láser escáner consta de dos componentes básicos. Por un lado, y como es obvio, de un dispositivo de medida de distancias, el láser; y por otro, de un mecanismo de barrido, que no es sino un sistema motorizado de espejos que desvía el láser procedente del distanciómetro en las direcciones vertical y horizontal.” (García-Gómez, Ismael; Fernández de Gorostiza López de Viñaspre, Miren ; Mesanza Moraza., Amaia ;, 2011)



*Ilustración 17: Láser escáner y nubes de puntos. Un horizonte aplicado al análisis arqueológico de edificios. Ismael García-Gómez, Miren Fernández de Gorostiza López de Viñaspre y Amaia Mesanza Moraza.*

Estos escáneres generan una nube de puntos que no es más que una representación de miles puntos en formato vectorial. La precisión de la representación dependerá de la resolución a la que se ejecute el escaneado. Se debe identificar qué grado de detalle se desea ya que un exceso de detalle provocará un exceso de información y dificultará la comprensión y sobre todo la trabajabilidad del archivo. Un exceso de puntos por mm. provoca que sistema informático deba ser más potente para que exista fluidez en el movimiento de los elementos.

La forma de trabajar con las nubes de puntos resultantes a menudo es un poco tediosas ya que no existe un software universal y cada empresa suministradora de escáneres utiliza su software. En principio se debe importar la nube obtenida directamente desde el escáner al software del fabricante. Todos los softwares comerciales son similares pero siempre existe alguna diferencia con la intención del desarrollador de generar una barrera que permita la elección de su software al usar sus dispositivos.

Posteriormente al unido de los diferentes escaneos en una nube de puntos ya es posible exportar a software BIM donde se identificará cada elemento y se modelará sobre la nube de puntos de una manera manual pero con la base y la precisión que esta nos ha generado.

Apuntar que muchas marcas comerciales han desarrollado un software que detecta a partir de la nube de puntos de que elemento se trata (muro, pilares, pavimentos...) y lo modela

automáticamente. Sin duda sería un adelanto muy importante si los resultados fueran los deseados. Se espera que con los años se siga desarrollando este tipo de software y sea una alternativa real al modelado manual sobre nube de puntos.

Posteriormente, mediante un caso práctico, se detallará un trabajo de escaneado en campo para la obtención de un modelo virtual BIM.

## CAPITULO 3: REALIDAD AUMENTADA

### 1. Definición

El término Realidad Aumentada proviene del término “Augmented Reality” y se define como la visión desde un dispositivo de un entorno físico del mundo real.

En esencia se puede aceptar la existencia de dos formas de percepciones subjetivas: lo real y lo virtual. Según la RAE, lo real es “aquello que tiene existencia verdadera y efectiva”, mientras que lo virtual es “lo que tiene existencia aparente, y no real”. También se define en la RAE lo virtual como aquello “que tiene virtud para producir un efecto, aunque no lo produce de presente, frecuentemente en oposición a efectivo o real”

Algunas definiciones que describen el término:

“La realidad aumentada (AR) es la integración de la información digital con video en vivo o el entorno del usuario en tiempo real. Básicamente, AR toma una imagen existente y mezcla la nueva información en ella.” (Margaret Rouse, 2013)

“Una versión mejorada de la realidad creada con el uso de la tecnología para superponer información digital en una imagen de algo que se está viendo a través de un dispositivo (como una cámara del Smartphone)” (Merriam webster, s.f.)

“Una imagen mejorada o el medio ambiente tal como se ve en una pantalla u otra pantalla, producido por la superposición de imágenes generadas por ordenador, sonidos u otros datos en un entorno real” (Dictionary, s.f.)

“La realidad aumentada es una forma de presentación que toma la realidad y la combina con lo virtual, de forma que se ofrece una representación enriquecida de los objetos, simplemente añadiendo, mediante la tecnología efectos visuales, sobre algo real ya existente. Es decir, incorpora información digital a un entorno real, mediante un software diseñado para este proceso.” (Carlos Borrás de la Hoz, s.f.)

La rápida evolución de las tecnologías informáticas va pareja a la universalización de su uso, y es destacable el caso de los dispositivos móviles, que se incorporaron a la vida de los ciudadanos como una herramienta indispensable en toda actividad cotidiana. La gestión de la información portátil sin duda es el primer paso para la interactividad y la conectividad total.

En el sector de la construcción, resulta una pieza fundamental la posibilidad de visualizar elementos virtuales, sobre escenarios reales, y consultar la información que tan importante resulta en los modelos virtuales y es la base de la metodología BIM, en cualquier lugar con el uso de un dispositivo Smartphone.

La realidad Aumentada es un paso más en el proceso BIM. Es un punto más en el procesado de los datos y la información. Se parte de la toma de datos con escaneos 3D, se modela en software BIM y finalmente se convierte a Realidad Aumentada con unas características específicas dependiendo del objetivo que se desee alcanzar.

En primer lugar se procede a la toma de datos de la manera más rápida y fiable, mediante el escaneado 3D. Utilizando dicha herramienta se obtienen resultados en un espacio relativamente corto de tiempo respecto a métodos tradicionales. Esta tipología de equipos emite pulsos laser al mismo tiempo que giran 360º, registrando todo el entorno como una nube de puntos. Dicha nube se puede entender como una fotografía 3D donde cada pixel está localizado vectorialmente mediante coordenadas X, Y, Z de una manera muy precisa. Posteriormente, los

estacionamientos realizados se unen y se eliminan toda la información no necesaria que ha sido capturada por el escáner.

El segundo paso es el modelado BIM. La fase de escaneado no era más que una toma de muestras, corresponde al trabajo posterior identificar y definir los elementos representados. Para ello, se utiliza el software BIM, basado en el diseño de un único modelo que recoge toda la información de cada elemento. Se dota de propiedades a las familias que lo constituyen para su identificación. Tales como capas de diferentes materiales, dimensiones, información adicional, costes y cualquier detalle que resulte útil.

Una vez obtenido el modelo en BIM, resta convertir y ajustar a las necesidades. Es posible visualizar desde cualquier Smartphone sin necesidad si quiera de disponer de conexión a internet. Con el uso de una app especializada se dispone del modelo en cualquier lugar listo para proyectar.

Son múltiples las aplicaciones que presenta la Realidad Aumentada en diversos ámbitos y agentes. El modelo se ajustará a las necesidades de cada caso.

## 2. Aplicaciones

### 2.1 Presentación de proyectos

Un buen trabajo no es el único requisito para el éxito consideramos que es importantísimo saber transmitir al cliente nuestros proyectos. Es por ello que es necesaria una puesta en común acorde. La realidad aumentada permite la visualización de proyectos de una manera más visual, técnica



*Ilustración 18: Representación en realidad aumentada de unifamiliar (Realprojection1, s.f.)*



y efectiva. Proporciona la capacidad de proyectar cualquier proyecto sobre la superficie que se desee. El cliente visualiza el modelo como si de una maqueta se tratase a partir del modelo BIM, es posible crear despieces, procesos constructivos, esquemas por fases, esquemas de instalaciones, secciones tridimensionales y cualquier representación

## 2.2 Diseño virtual

En la fase de diseño de un proyecto, es habitual reuniones en las que el cliente expone sus necesidades. El cliente no suele ser un experto es por ello que es necesario facilitar la comprensión al máximo. Mediante la Realidad Aumentada es posible proyectar los cambios que se deseen realizar antes de ejecutarlos. Se pueden visualizar in situ cambios de mobiliario, pavimento, particiones, decoración y cualquier elemento que se vaya a ejecutar posteriormente. Además, gracias a la interactividad del modelo, el cliente puede probar, visualizar y escoger entre diferentes modelos de multitud de marcas comerciales.



*Ilustración 19: Ejemplo de diseño de interiores mediante realidad aumentada (augmentedrealitytrends, s.f.)*

## 2.3 Control de la ejecución de obra

Este aspecto está orientado a los profesionales dedicados al control de la ejecución de obra, instaladores, contratistas o cualquier agente que intervenga en la ejecución. Mediante la Realidad virtual es posible mantener un control exhaustivo de la ejecución en obra. Visualizar elementos pendientes de ejecución y así transmitir mejor las ordenes en obra o comprobar si lo ejecutado corresponde con lo previsto en proyecto y poder tomar las decisiones adecuadas.



*Ilustración 20: Realidad aumentada en el trazado de instalaciones en vial. (Building desing construction, s.f.)*

## 2.4 Facility Management

El mantenimiento o Facility Management es una disciplina muy importante en la vida útil de un proyecto. Tanto profesionales y como usuarios son cada vez más participes de dicha importancia. Cuando se habla de mantenimiento, no está necesariamente referido a grandes instalaciones. Cualquier proyecto no finaliza en su ejecución, abarca toda su vida útil.

La Realidad Aumentada permite a través del modelo BIM tener un control exhaustivo de las instalaciones de nuestro sistema:

- Visualizar conductos, cableados, maquinarias, etc... independientemente de que se encuentren ocultos.
- Consultar con un solo click sus manuales, revisiones, datos, dimensiones, potencias y todos los parámetros que la conforman.
- Evitar interferencias en la ejecución de nuevas instalaciones.



*Ilustración 21: BIM facility management (Credencys, s.f.)*

## 2.5 Sistemas de Información Geográfica

Los SIG son un conjunto de herramientas que integra y relaciona diversos componentes (usuarios, hardware, software y procesos) que permiten la organización, almacenamiento, manipulación, análisis y modelización de grandes cantidades de datos procedentes del mundo real, facilitando la incorporación de aspectos sociales-culturales, económicos y ambientales.

Las ventajas de la utilización de la tecnología de Realidad Aumentada en este sentido podrían derivarse por ejemplo en sistemas para gestión de PGOU para Ayuntamientos, donde la información queda actualizada, centralizada y disponible en entorno web para todos los usuarios con permiso de acceso. Además, incluiría toda la red de servicios públicos: longitudes, diámetros, ubicación exacta y todos los elementos contabilizados de una manera sencilla.

Otro aspecto es el GEOMarketing: es posible determinar cuál es la mejor situación para la apertura de un nuevo local o tienda, analizando la Influencia de la Competencia, Habitantes, Accesos, Informes de Penetración y Ventas Potenciales de una manera sencilla.

## CAPITULO 4: CASO DE ESTUDIO

### 1. Situación de inicio

El siguiente caso de estudio corresponde al intento de implementación de la metodología BIM en una empresa constructora del sector de la construcción.

Se trata de una organización con no más de 10 empleados en plantilla. Compuesta mayoritariamente por arquitectos técnicos, además de personal para administración y la gerencia.

La empresa tiene como finalidad la realización de proyectos integrales siendo su aspecto más destacable la dirección de obra. Trabaja con todo tipo de cliente desde particulares a empresas, siendo destacable su presencia en el sector de la alimentación. La filosofía se podría definir como la “entrega de llave en mano”, la empresa es principal contacto con el cliente. Su labor es recoger sus necesidades y posteriormente gestionar y subcontratar los trabajos que sean necesarios, tanto en sentido ascendente a la ejecución (petición de licencias, proyectos, etc) como en sentido descendente (subcontrata de empresas especializadas en cada trabajo). Se encarga del seguimiento de obra mediante personal propio.

El entorno en el que trabaja la empresa se encuentra en una situación de desarrollo nula. Para las empresas subcontratadas la metodología BIM es totalmente desconocida y no se encuentran en situación de implementación, bien por falta de interés o bien por falta de medios técnicos. Incluso empresas con un nivel técnico considerable como es el caso de despachos de arquitectura o ingeniería que por su posición deberían plantearse comenzar a trabajar en BIM, no lo hacen.

En cuanto a la situación interna del personal, son escasos los miembros que tienen alguna noción de software BIM. La prioridad de una empresa es la facturación y la inversión en i+d+i suele quedar en un segundo plano.

Siendo esta la situación actual, la empresa siente la motivación y está muy implicada en la apertura de nuevos frentes de negocio que le permitan adaptarse a la evolución del mercado y

mantener una buena posición. Es por ello que fijan su objetivo en abordar en profundidad la investigación de la metodología BIM, conscientes de los beneficios que genera.

## 2. Áreas de implementación

Durante un proceso de casi dos años, mediante un trabajo conjunto entre la gerencia y los responsables de investigación y desarrollo se ha buscado la forma de adaptar la metodología BIM a la empresa, a su situación actual y a su entorno particular.

Las aproximaciones se han centrado básicamente en la rama de arquitectura. Modelando en la vertiente de estructura y MEP únicamente para obtener resultados que corresponden a las dimensiones 4D y 5D, es decir, para la cuantificación de tiempos y costes. Dejando a un lado la dimensión 6D, se han investigado métodos para abordar el mantenimiento de los proyectos (7D).

A continuación se detallan casos reales en los que de un modo u otro se ha intentado vincular la metodología BIM.

## 3. Proyectos

### 3.1 Modelado de instalaciones existentes para labores de mantenimiento.

Los trabajos se realizaron en una empresa del sector de la alimentación sita en la provincia de Valencia con repercusión en todo el territorio nacional. Se trata de una empresa en un momento de expansión debido a la confianza que su proveedor ha repercutido en ella. Se encuentran, por tanto, en una situación de inversión en la que quieren optimizar sus procesos y tomar un mayor control de sus instalaciones.

Se propone al gerente la modelización de todas sus instalaciones para así poder visualizar gráficamente toda su maquinaria, de una manera detallada y paramétrica, para posteriormente

utilizarlo en su mantenimiento diario y en la toma de decisiones en cuanto a posicionamiento y flujo de trabajo.

Una vez obtenidas las necesidades, se realiza una visita física para observar la magnitud de las instalaciones y observar el entorno de trabajo. Se trata de una nave industrial de gran magnitud en la que se dispone de multitud de maquinaria con gran nivel de detalle. Además trabaja, a la vez, aproximadamente 30 personas. Es por ello que se hace más patente la necesidad de una buena organización.



Ilustración 22: Sistema de tuberías (fuente propia)

Realizar un trabajo de campo de toma de datos convencional, mediante cinta métrica, sería un trabajo demasiado costoso en tiempo y por tanto, nada rentable. Se plantea la utilización de herramientas topográficas.



Ilustración 23: Balanza de pros y contras de los escaneados 3D (fuente propia)

El uso de sistemas topográficos tiene múltiples ventajas. Con el uso de instrumentación se reduce considerablemente el coste de ejecución debido a que la toma de datos es muy rápida. Se produce, por tanto, una reducción de tiempo de trabajo de campo; aspecto proporcional al coste. Además se produce una toma de datos con un error relativo de milímetros y se evitan

posibles confusiones humanas en cuanto a anotación de medidas o equivocaciones. El único aspecto “desfavorable” es el alquiler del aparato de medición. Es tecnología innovadora de manera que el coste es relativamente elevado, pero se rentabiliza en cuanto a la reducción de tiempo de toma de datos que genera respecto a la realización de manera manual. Supone además, un tiempo de aprendizaje de uso del instrumento, pero este es bastante intuitivo en cuanto al software de toma de datos. Por último, los datos son recogidos automáticamente en soporte informático, aunque posteriormente es necesario un pequeño procesado.

Se determina que la mejor solución para el trabajo, sin duda, es una estación escáner 3D. En este caso se utilizó una unidad que posee una velocidad de 50 pts/segundos. En un tiempo aproximado de dos minutos puede realizar un escaneo completo de 360º con extremada precisión de 6.3 mm cada 10 m.



*Ilustración 24. Escáner 3D (fuente propia)*

En primer lugar es necesario plantearse los puntos de escaneo. Se trata de un espacio con numerosos obstáculos. Evidentemente el haz de luz que emite el escáner rebota en los elementos que encuentra a su paso, es así como consigue la toma de datos, por tanto cualquier objeto oculto de forma directa no lo registra. Se realiza el escaneado de dos superficies de 900 y 500 metros aproximadamente, además de un trabajo de detalle en unas de sus máquinas. Es importante el estudio de la ubicación de los escaneos ya que cada vez que se realiza es necesario identificar dos o tres puntos que se denominan dianas. Estos puntos son los que sirven de referencia respecto a otros escaneos y de punto de unión. Por tanto, cada escaneo debe tener al menos una o dos dianas en común, para una precisión mayor. Es posible también realizar este trabajo sin puntos de referencia externos, utilizando posteriormente en el trabajo de unión de nube de puntos aspectos existentes como muros o pilares, pero la precisión disminuye.



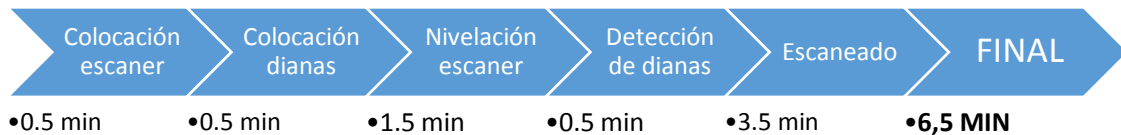
*Ilustración 25: Fases Escaneados (Fuente Propia)*

En total se realizan 21 escaneados para toda la planta y 5 para realizar el detalle de una maquina en concreto. Se colocan más de 20 dianas de referencia. El tiempo utilizado depende de la calidad que se desee obtener del escaneado, utilizando una calidad media se obtienen resultados más que satisfactorios. Es de destacar que una calidad excesiva obstaculizaría los trabajos de diseño posteriores en oficina ya que ralentizaría el procesado informático y podría conllevar a errores de identificación. En este caso se utilizó un nivel dos de cuatro, con una duración de 3.5 minutos por escaneado aproximadamente, dependiendo de si era necesario realizar una bóveda completa de 360 grados o simplemente un espacio acotado. A este tiempo hay que añadirle los trabajos de posicionamiento, nivelado y detección de diana. Una vez planteados los puntos de escaneado y colocadas las dianas, se lleva el instrumento a la zona escogida y se procede a su nivelación. Luego se detecta y fijan las dianas que se utilizan en este escaneado y se realiza el escaneo. Estos tiempos corresponden a 1.5 min de nivelación y 0.5 minutos en la detección de dianas. En total el tiempo empleado en un solo escaneado es de 6 -7 minutos. En el caso de la toma de puntos de una maquina en detalle, la calidad se aumentó para obtener resultados más específicos, siendo el tiempo por escaneo de unos 12 minutos.



*Ilustración 26 : Técnico realizando escaneado (Fuente propia)*

Este tipo de maquinaria es muy sensible al sonido, de manera que se tiene que realizar sin un ruido ambiente excesivo. Los trabajos se realizan fuera del horario de producción. Los resultados son el escaneado de 1400 m<sup>2</sup> de superficie con multitud de maquinaria y una en detalle en un tiempo de 5 horas.



*Ilustración 27: Tiempos de escaneado (fuente propia)*

Finalizado el trabajo de campo se transfiere toda la información en una memoria Usb para la posterior transferencia a un ordenador.



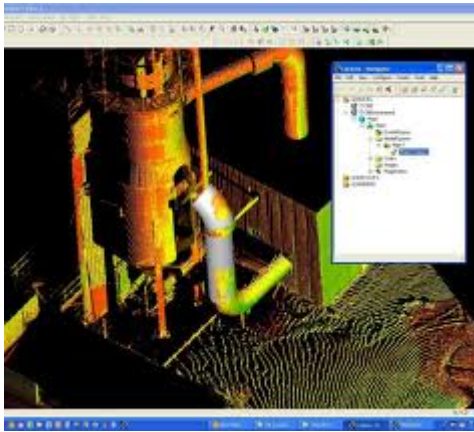


Ilustración 28: Nube de puntos (fuente propia)

Obtenida la toma de datos, aspecto inicial e indispensable para obtener el modelo “as built” se procede a trabajar con los datos obtenidos. Existen diferentes softwares que permiten visualizar las nubes de puntos que se han obtenido con los escaneados. Las compañías que comercializan los sistemas topográficos tienen los suyos propios y también las compañías más conocidas de software. Incluso algunas ofrecen software que automáticamente identifica la identidad del elemento

y lo clasifica según su disciplina, pudiendo ser un muro, tubería, etc. con resultados y efectividad dispar. El procedimiento en cualquier caso es similar, los datos se visualizan con el software comercial y se realiza la limpieza y unión de los diferentes escaneos. Es posible que existan zonas que no hayan sido representadas correctamente debido a interferencias por ruido, es necesario limpiar. Los diferentes escaneos se unen mediante la detección de las dianas que hemos definido en el trabajo de campo. Una vez ya tenemos un modelo único se exporta en formato de nube de puntos para posteriormente su importación a software BIM.

El proceso de diseño comienza ahora. Sobre la nube de puntos se identifica y modela cada elemento. El trabajo es el habitual en BIM: definición de elementos que se van a utilizar y modelado sobre la base de la nube de puntos. Se dibujan componentes arquitectónicos, instalaciones y maquinaria. Estos últimos elementos, las maquinarias, suponen una inversión importante de tiempo ya que el objetivo principal de la gerencia es tener un control detallado de estas tanto en volumen y forma como en características para su mantenimiento. En la imagen siguiente se puede observar el modelado de una familia correspondiente a una encajadora automática. Además de definir las características geométricas se definen las propiedades que la gerencia precise: Fabricante, contacto, página web, coste, etc.

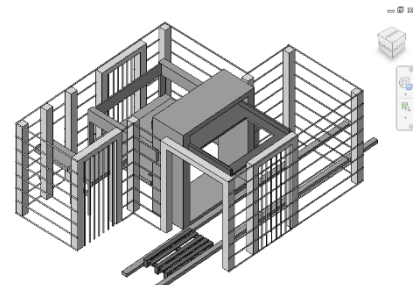


Ilustración 29: Máquina Encajadora modelada en Autodesk Revit (fuente propia)

El objetivo del modelado de las instalaciones eran fundamentalmente tres: El estudio de layout, obtener una visualización general fácil y realizar un futuro plan de mantenimiento BIM.

En primer lugar, la empresa estaba interesada en realizar estudios de disposición de maquinaria, conocido como Layout. Estos estudios se realizan en reuniones periódicas que congregan a diferentes responsables de la zona de producción junto con el diseñador BIM. En estas charlas se pone en común las necesidades de cada sección y se buscan soluciones para optimizar los trabajos. Todo ello con el apoyo gráfico del modelo virtual, un modelo idéntico al real, de manera que la visualización es extremadamente precisa y la toma de decisiones eficaz. Una de las situaciones que se planteó fue la adquisición de maquinaria nueva que influiría considerablemente en el rendimiento de la planta. Con el modelo virtual se puede observar la disposición de la maquinaria, realizar desplazamientos y composiciones, pensando en el flujo de trabajo que se va a realizar en un futuro.

Además, se plantea la necesidad de que la gerencia pueda visualizar en cualquier momento el modelo virtual y consultar datos de sus instalaciones. Actualmente, los Smart Phone y Tablets tienen una presencia muy importante en nuestras vidas y era primordial que el modelo se adaptara a ellos. Además se pretendía que la visualización fuera lo más cómoda posible ya que se trata de personal no cualificado en software BIM. Un aspecto muy importante era la visualización Offline. Se decide la utilización de la aplicación desarrollada por Autodesk A360, disponible en versión web y app. Dicha aplicación presenta una compatibilidad muy alta con gran número de archivos. El modelo virtual se exporta directamente desde Revit en formato .dwfx sin pérdida excesiva de texturas.

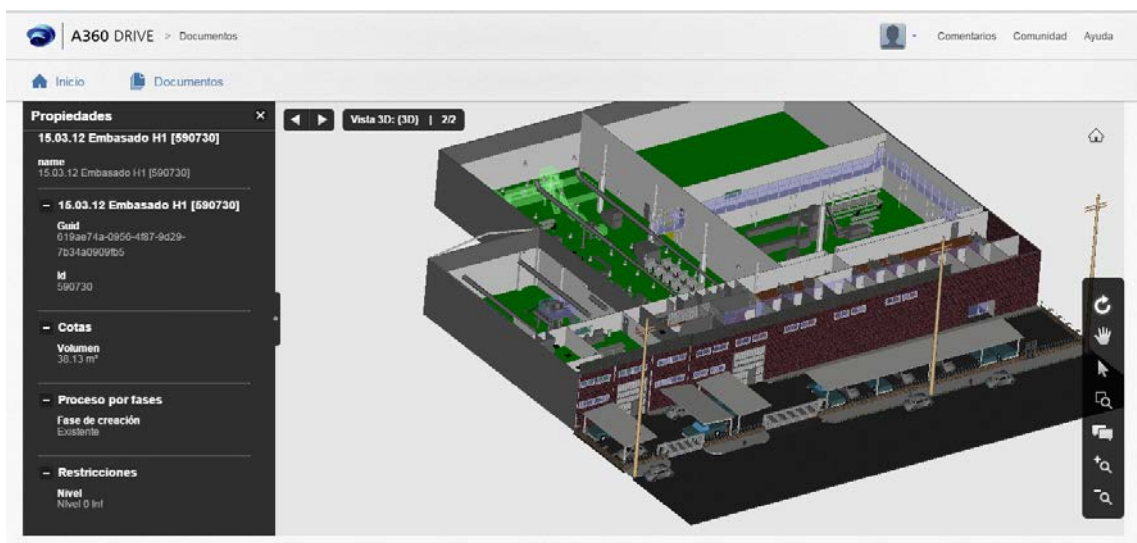


Ilustración 30: Modelo en visor web A360 drive (fuente propia)

El funcionamiento es sencillo. Se comparte el archivo con la persona que se desee y este lo puede visualizar desde la app. Las funciones que presenta son las usuales: Ampliación, rotación, desplazamiento y selección de elementos. En este último caso, se abre una lista desplegable con las propiedades que se han definido en el proceso de modelado.

Por último, continuando en la línea del mantenimiento BIM, se ofrece la posibilidad de desarrollar un modelo de mantenimiento. Sin duda, esta labor es la más ambiciosa y la que requiere un estudio más profundo. En general, las empresas utilizan programas de mantenimiento complejo pero tedioso, es necesario incluir mucha información previa para su correcto funcionamiento. Todo se centra en una base de datos nada visual. El objetivo BIM es ofrecer un modelado de la información, es decir, formas tridimensionales acompañadas de información. Existen algunos softwares de mantenimiento que están comenzando a innovar en la metodología BIM pero el coste es bastante elevado. Las empresas que se dedican a estos servicios se encargan de convertir los modelos (incluso si ya están creados) al formato de su plataforma. Teniendo en mente siempre que el usuario final va a ser un agente no técnico, simplifican los mecanismos presentando facilidad de uso. En la misma línea que A360, se visualiza el modelo y clickando en los diferentes elementos se obtiene información más detallada mediante ventanas emergentes. Este es el caso de la plataforma YouBIM, en la imagen que se muestra a continuación se puede observar una captura de su software.

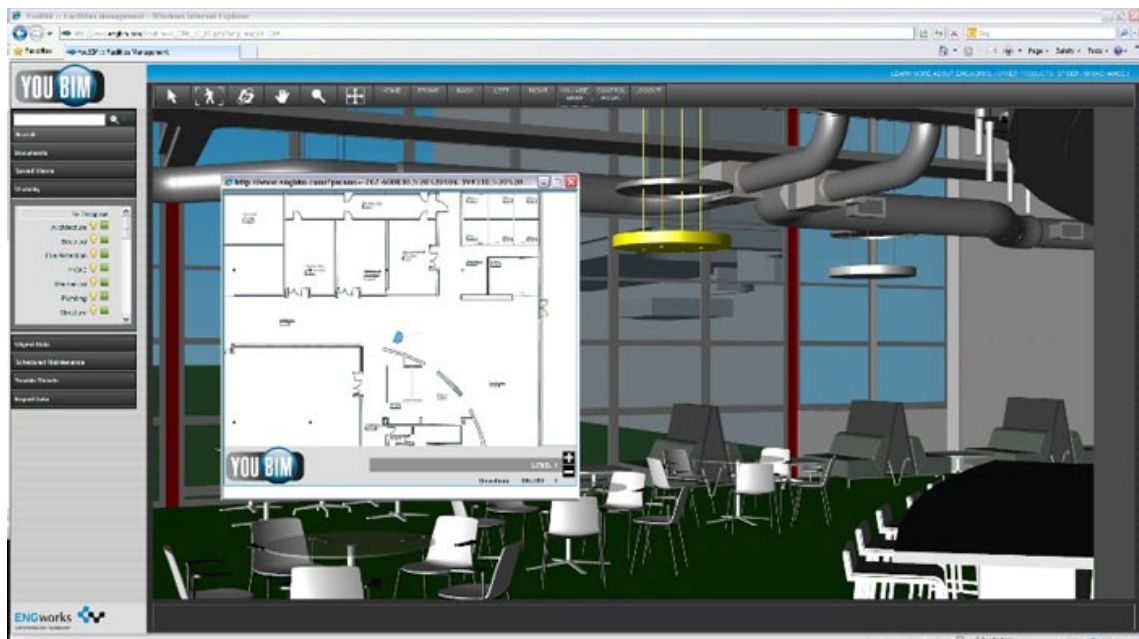


Ilustración 31: Proyecto en visor YouBIM

Además, otro problema que suponía la implantación de un programa de mantenimiento BIM es la postura reacia a los cambios. La empresa conoce los beneficios que le reportaría la capacidad de visualización de su modelo en las tareas de mantenimiento pero ya dispone de un programa de mantenimiento en el que ha invertido mucho tiempo sobre todo en introducción de datos. Este programa de mantenimiento está bastante automatizado. De manera precisa les informa de las unidades producidas, el registro de averías, calendario de revisiones preventivas, etc. El inconveniente es que es una información desordenada y de difícil visualización.

Un aspecto dónde BIM resulta muy práctico es en el flujo de trabajo. Hasta el momento la transmisión de órdenes no se realiza in situ. Si un técnico detecta una avería, debe desplazarse a un punto central para consultar en un ordenador la disponibilidad de piezas, registrar la avería o encargar elementos. Disponiendo del modelo virtual en un Smart Phone todos estos trabajos se realizan en el mismo lugar de la avería y se transmiten en el momento

De esta manera, se adopta la postura de integrar en lo posible el modelo virtual a su programa de mantenimiento. Todo ello sin un coste extra en software, utilizando la nube virtual que A360 ofrece gratuitamente. Se plantea un esquema de trabajo en el que crear un puente entre su software de mantenimiento actual y el modelo virtual que ya se dispone. Un sistema sencillo y con un coste cero en software.

El sistema propuesto es el siguiente:

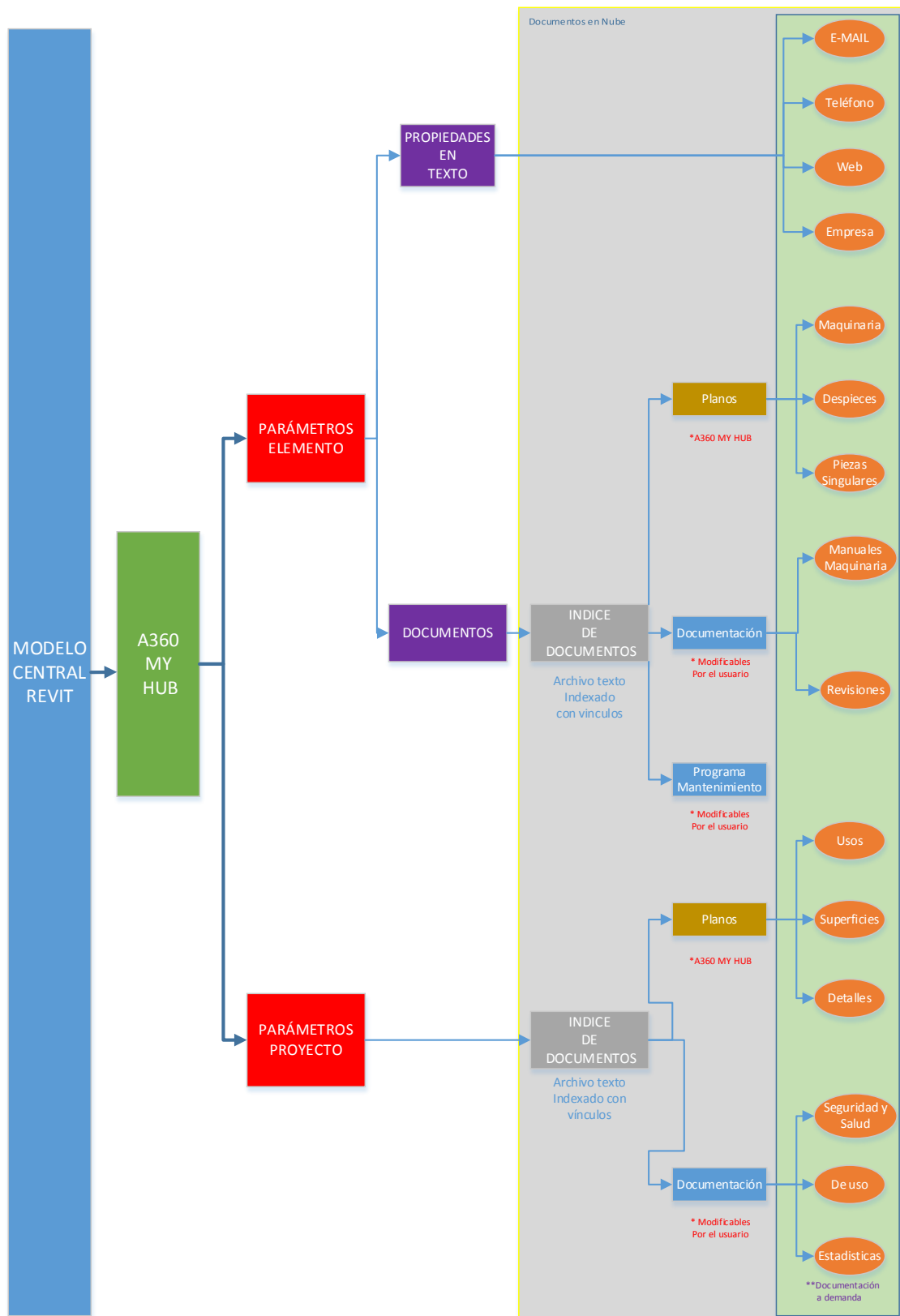


Ilustración 32: Esquema de mantenimiento BIM (fuente propia)

A partir del modelo creado en BIM, único y maestro que contiene toda la información requerida, se desglosa toda la jerarquía de la información de mantenimiento. Este archivo es exportado en formato .dwfx, extensión de archivo de la que se obtiene un buen resultado en cuanto a texturas e información. Este archivo es cargado en el visor A360 de Autodesk y compartido con el usuario que se desee. Existen dos tipos de propiedades a destacar: las específicas de cada elemento y las generales del proyecto, entendiéndose por proyecto el conjunto de las instalaciones, empresa, nave, etc.

Los parámetros específicos de cada elemento se definen respecto a su naturaleza, bien en texto o bien en forma de documento.

Las propiedades en texto son definidas en el momento del modelado mediante propiedades compartidas inherentes a cada familia y se presentan en modo de texto. A destacar, información de contacto de la empresa fabricante (e-mail, teléfono, página web, nombre de la empresa, responsable), fecha de instalación, tiempo de garantía y coste. Estas son incluidas en la ficha desplegable que se muestra al seleccionar la familia y son solo de consulta.

Los datos que se muestran en forma de documento son modificables y no pueden ser añadidos como tal en el momento del modelado. El procedimiento es la creación de un archivo de texto que incluye los enlaces de todos los documentos. Se trata de un archivo índice. Tanto este documento general como los documentos incluidos deberán estar en una nube que hará de puente. Estos documentos pueden ser en forma de formato office o .Pdf, pueden ser enlaces a diferentes aspectos del programa de mantenimiento existente o vínculos al visor de A360 en el caso de planos o vistas 3D. Son interesantes datos como planos de maquinaria, despieces, detalles de piezas concretas; manuales de uso, contrato de garantía; o programas de mantenimiento, stock, revisiones, etc. ya incluidos por parte del programa de mantenimiento de la empresa.

Los parámetros de proyecto es información global de las instalaciones, no de una familia en concreto.

La forma de estructurar la información es similar a la presentada para parámetros de elemento, con la salvedad de que al ser una información genérica, el enlace al documento índice de contenidos será presentado en el apartado de comentarios perteneciente al modelo.

Se genera un documento en formato de texto alojado en una plataforma virtual con toda la documentación que se requiera. Este documento contendrá la descripción del documento y el enlace correspondiente. Los vínculos servirán de puente a diversas aplicaciones dependiendo de la naturaleza de la información. Los planos generales de las instalaciones como son: Planos de usos, superficies, instalaciones eléctricas, etc. estarán vinculados con un enlace de A360. El material en forma de texto correspondiente a documentación de la empresa o archivos con estudios estadísticos, contables o cualquier otra información genérica, no relativa a una familia en concreto, presentará un enlace a cualquier nube de almacenamiento web.

Con las últimas versiones de nubes de almacenamiento virtuales como son Dropbox o Google Drive, es posible la modificación online de los archivos en ellas alojadas. De manera que el usuario puede reescribir en ellos y guardar una copia sin necesidad de descargar los documentos.

### 3.2 Estudio proyectos ejecución.

Desde la posición que ocupa la empresa en el proceso de construcción, su misión es la correspondiente a la fase de estudio de la ejecución y la presentación de presupuesto, planificación y mejoras.

Tal y como se define la metodología BIM, esta se trata de un proceso en el que todos los agentes deben estar involucrados y trabajar en torno a ella. Desde un inicio todos los documentos deben estar en “formato” BIM, de manera que estos sean útiles durante todo el proceso. Esto quiere decir que desde los inicios se debe modelar con software BIM.

En la situación actual en la que se encuentra el sector de la construcción en España, es difícil encontrar despachos de arquitectura e ingeniería que realicen sus proyectos en BIM. Los casos más singulares y donde se realizan proyectos BIM se pueden encontrar en licitaciones públicas o concursos donde las bases establecen la obligación de uso. Es por tanto que de manera habitual los proyectos que alimentan a la empresa son presentados de manera tradicional, proyectos en pdf y conjunto de planos en formato Cad. Ello no hace más que dificultar el proceso ya que si se pretende realizar la ejecución BIM es necesario la modelización del proyecto.

Los casos de estudio comienzan con la recepción del proyecto básico y de ejecución y el objetivo es la presentación de una propuesta de ejecución en forma de presupuesto, planning y análisis de mejoras. Ya que el conjunto de planos se disponen en formato Cad, es necesario el modelado del edificio. El tiempo de modelado dependerá del nivel de detalle del proyecto y del nivel de desarrollo de las familias. En general, no es necesario un nivel de detalle demasiado alto ya la función básica es obtener mediciones y posibles conflictos.

Habitualmente existen inconexiones entre lo recogido en los planos y las mediciones del presupuesto. Ahí es donde se va a actuar. Se modela el edificio respecto a los planos de proyecto y posteriormente muy fácilmente es posible la obtención de tablas de cuantificación de todo lo modelado. De esta manera, se observa detalladamente los metros cúbicos de zapatas, metros cúbicos de particiones, separadas por tipos, o kg de acero.

### 3.2.1 *Incoherencias entre documentos*

Un ejemplo gráfico y real más de la utilidad del software BIM en la detección de incoherencias de proyecto es el que se muestra a continuación. Se observa una vista en planta del modelo que se ha generado a partir de los planos de proyecto, una tabla de cuantificación de cimentación y una tabla Excel correspondiente al presupuesto de proyecto. Por un lado, en el proyecto se describen las dimensiones de la cimentación estructural de la que está formado, zapatas aisladas. Según este documento existen ocho de dimensiones diferentes: una cuadrada de 1,50 x 1,50, ocho de 1,80 x 1,80 y una combinada de 1,80 x 3,60 m. Como se aprecia, al crear una tabla de cuantificación automática basada en los elementos diseñados en el modelo, existen dos zapatas de la dimensión menor, 1,50 x 1,50. Ha habido un error en la elaboración del presupuesto en la que en el momento de escribir el presupuesto, se ha anotado una zapata de 1,80 x 1,80 en lugar de una de tamaño menor.

Utilizando el software BIM para realizar mediciones evitamos errores de este tipo ya que no se redactan dos veces los datos de proyecto, se modela una vez y a partir de ahí se obtienen por defecto todos los datos resultantes. Con complementos como Presto, integrado en Revit, el presupuesto es exportado al formato mencionado sin pérdida de calidad por errores humanos.



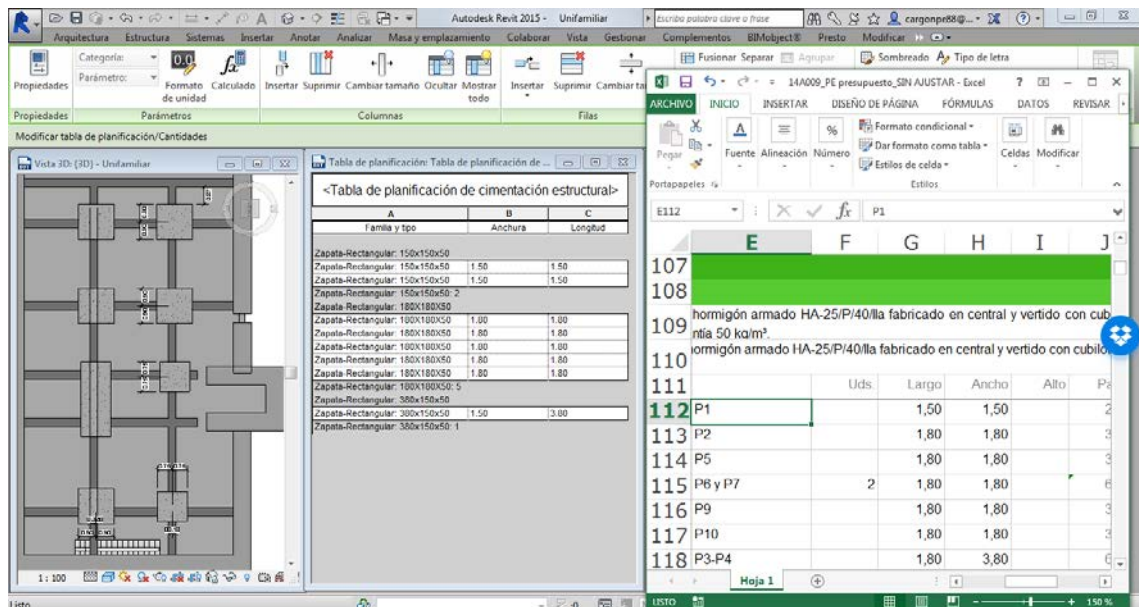


Ilustración 33: Comparativa para la búsqueda de incongruencias de proyecto. Modelo, tabla de planificación y mediciones de proyecto. (Fuente propia)

### 3.2.2 Conflictos entre disciplinas

Otra labor recayente en la fase de estudio de la ejecución es comprobar si existen errores constructivos en cuanto a interferencias entre sistemas. Una de las ventajas y aspectos fundamentales de la metodología BIM es el modelado en un único modelo. Tradicionalmente se dibuja en planos diferentes las disciplinas de arquitectura, estructura y sistemas. Obteniendo un modelo conjunto se pueden observar estas interferencias y evitar errores posteriores en la ejecución. Existe software especializado como es el caso de Autodesk Navisworks que realizan este análisis automáticamente y reportar los conflictos encontrados. Mediante la opción Clash Detection los encuentros no deseados entre sistemas son mostrados y así se pueden solucionar en fase de estudio. Se permite notificar directamente al encargado del área donde se ha producido el conflicto, guardar imágenes de la interferencia o escribir automáticamente un informe.

En este caso práctico, se observa el modelado en Revit de un castillo. Tras su importación en Navisworks y la detección de colisiones, se presentan una serie de interferencias en forma de lista. Seleccionando una a una se pueden apreciar en el modelo.

El conflicto actual se ha producido entre una escalera y el murete que cierra la zanca exterior de esta. Trabajando de manera tradicional, esta colisión es difícil de detectar. Se trata de un proyecto con multitud de elementos de comunicación vertical y sería necesario realizar secciones por todos ellos para poder obtener un detalle adecuado de la altura del muro de cierre. De esta manera, si en la fase de diseño se ha pasado por alto pese a dibujar todos los elementos en perspectiva, el software alerta del problema. Al tratarse de una interferencia entre elementos arquitectónicos la información sería transmitida al arquitecto para las modificaciones oportunas.

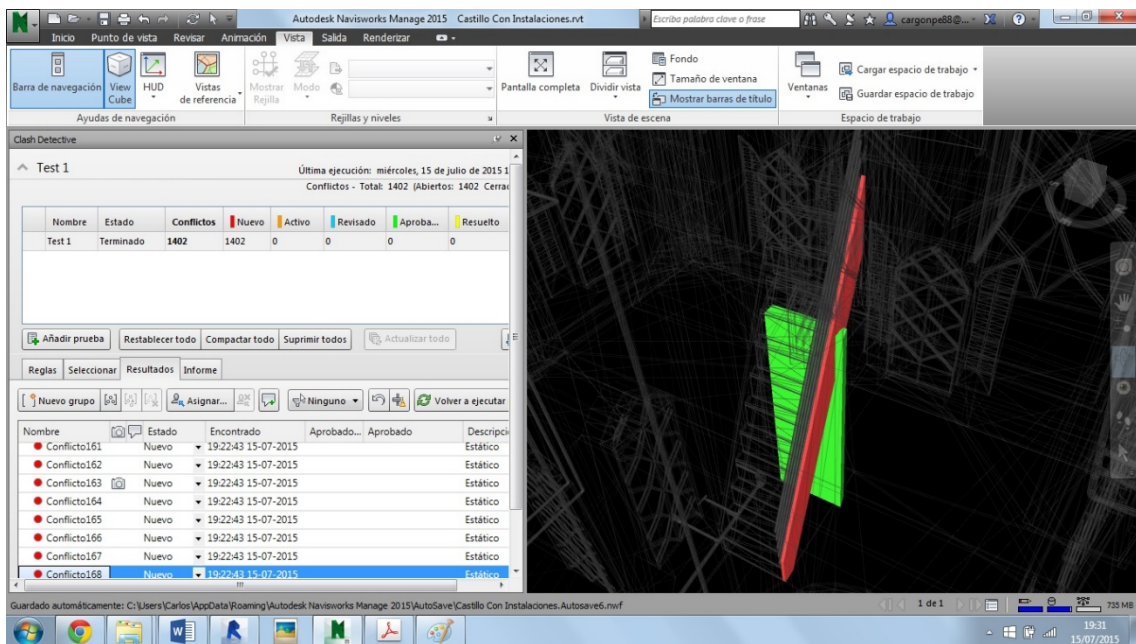


Ilustración 34: Detección de colisión entre Escalera y tabique en Navisworks (Fuente propia)

Continuando con los conflictos, no solo se detectan problemas entre sistemas del mismo tipo. También entre sistemas diferentes.

En la imagen siguiente se muestran dos tipos de sistemas diferentes. En color rojo una bajante de agua fría y en color verde un colector de saneamiento. Ejecutando el detector de colisiones, de una manera rápida señala la interferencia generada. La bajante atraviesa el colector de agua saneamiento. Se trata de un problema que probablemente sin la realización de un modelado 3D no se hubiera detectado y hubiera generado muchos problemas en el momento de la ejecución.

Este software ofrece la posibilidad de capturar esta información y notificar automáticamente al responsable del diseño de las instalaciones para que proceda a su modificación.

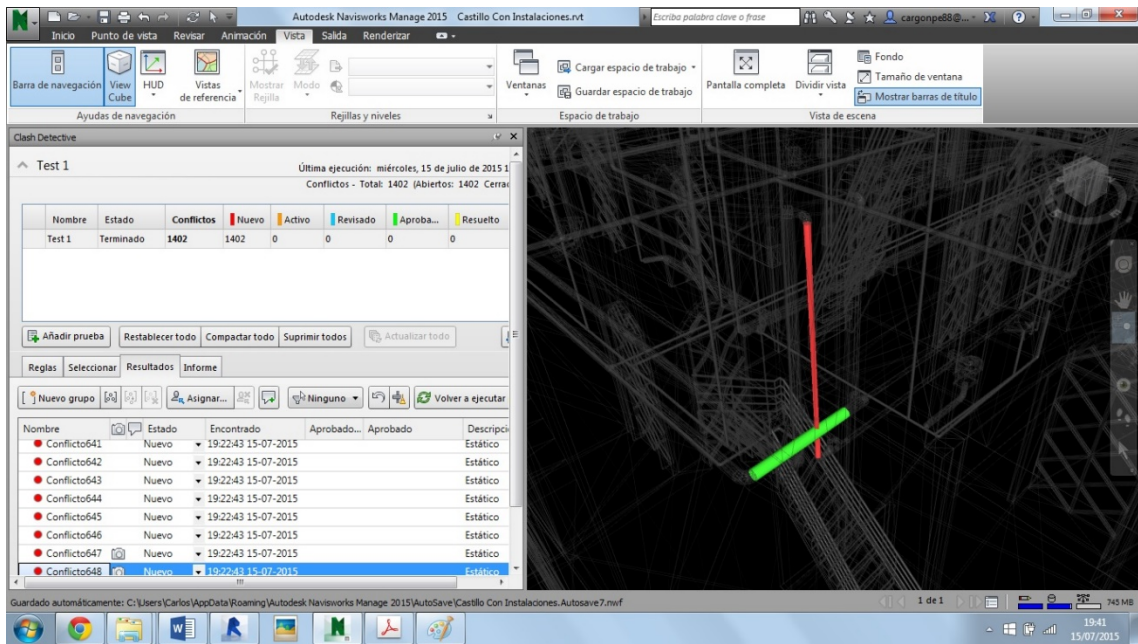


Ilustración 35: Detección de colisión entre instalaciones en Navisworks (Fuente propia)

Por último, se presenta una colisión entre viga y muro. La Viga, resaltada en rojo, atraviesa perpendicularmente el muro, generado en verde por Navisworks. Este caso es singular y diferente a los dos anteriores en cuanto a la naturaleza de las disciplinas a las que pertenecen los elementos. La viga habría sido ejecutada por el ingeniero encargado del cálculo estructural, mientras que los cerramientos corresponden al área de arquitectura. Es por ello, que la figura del BIM coordinator deberá notificar a ambos agentes el error y entre ellos consensuar cual es la mejor solución. Aparentemente se preverá una hendidura en ese punto para el paso de la estructura. Se debe destacar que en el proyecto se ha trabajado de una forma conjunta con el sistema de subproyectos, básico en la metodología BIM, pero aun así se ha presentado este error.

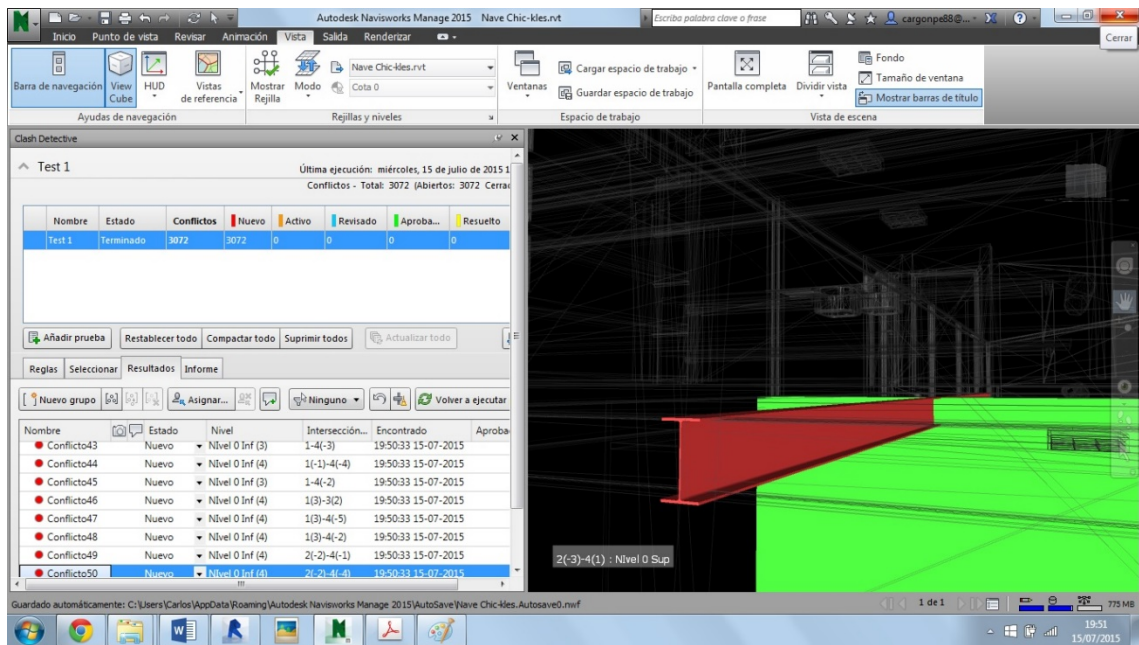


Ilustración 36: Detección de colisión entre estructura y tabiquería en Navisworks (Fuente propia)

Destacar que estos conflictos no siempre son sinónimo de problemas, muchas veces son viables constructivamente y únicamente se trata de un encuentro entre dos sistemas sin más relevancia o simplemente son licencias de diseño. En el caso del siguiente encuentro entre cerramiento y forjado, puede tratarse de una simplificación en el modelado, posiblemente porque el nivel de detalle de proyecto no es elevado. Corresponde al BIM coordinator dirimir estas cuestiones. El software no toma decisiones por sí solo.

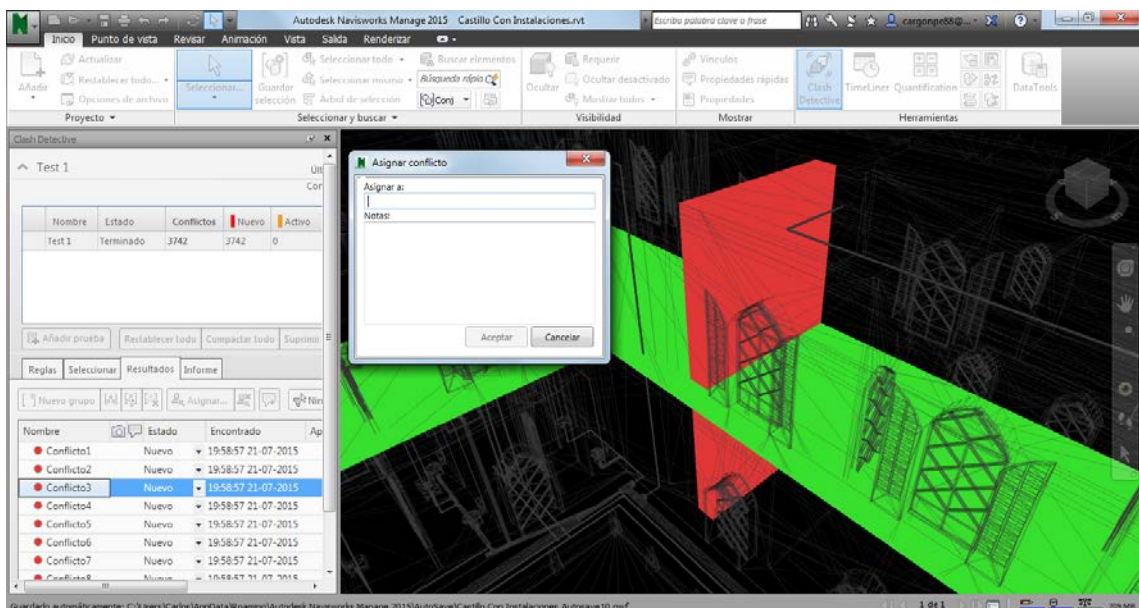


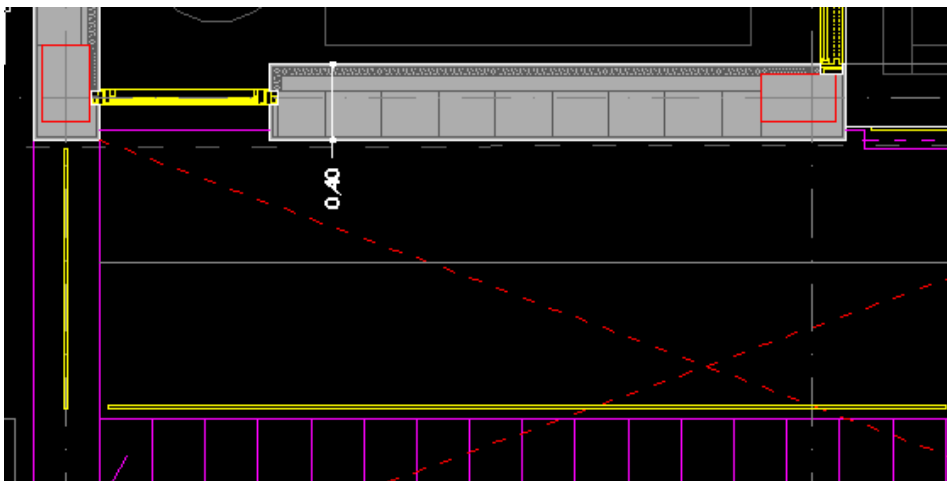
Ilustración 37: Detección de colisión entre tabiquería y forjado. (Fuente propia)

### 3.2.3 Indefinición gráfica:

Una de las grandes ventajas del uso de software BIM es la gran definición que es posible generar en los elementos. Con sistemas tradicionales CAD los elementos dibujados son líneas mientras que en BIM cada elemento se modela con sus respectivas capas. Ello permite al modelo adquirir un valor añadido.

En el siguiente caso de estudio extraído de un proyecto real se observa como el espesor de la tabiquería y de los muros de fachada no corresponden con la realidad. Se ha dibujado un espesor orientativo que con el modelado BIM hubiera resultado exacto. Es curioso cómo se realizan leyendas explicativas de cada tipo de elemento en la que se incluyen todas sus capas y sus espesores pero luego en el aspecto gráfico no corresponden.

Los problemas que estas indefiniciones generan son evidentes. Se trata de pérdida de metros útiles en el interior de la vivienda y dificultad en el momento del replanteo. El encargado de esto último, siguiendo las indicaciones del plano podrá observar como textualmente se encuentra correctamente detallado el espesor del muro pero, sin duda, si se atiene al espesor marcado en plano al final incurrirá en un exceso o defecto de longitud.



*Ilustración 38: Plano de proyecto en formato Cad. dónde se aprecia el espesor de muro. (Fuente propia)*

En esta imagen se muestra un corte de un muro de fachada correspondiente a la planta baja de una vivienda unifamiliar. Como se observa el espesor grafiado es de 0.40 m.

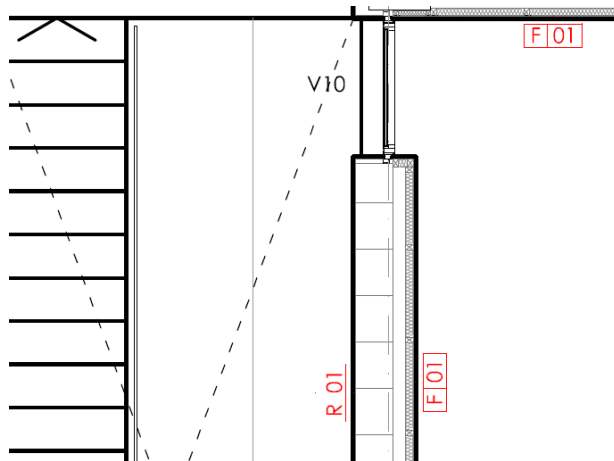


Ilustración 39: Plano de cerramientos de proyecto.

El Proyecto Básico de Ejecución, en su apartado de albañilería define este tipo de cerramiento con la referencia F01. Aplicándose un revestimiento exterior R01 y en su interior R04. La leyenda situada en la misma página del documento señala respectivamente a estos como un cristal negro opaco y un acabado de pintura mate. A continuación se adjunta el texto original.

- F 01 **Cerramiento** formado por hoja exterior de fábrica de **bloque de termoarcilla** 30x19(h)x24 + **trasdosado autoportante** (46)+15/400 "KNAUF" de placas de yeso laminado + **aislamiento** de lana mineral Ultracoustic R "KNAUF INSULATION" e= 48mm entre montantes.
- R 02 **Pintura al silicato**, con textura lisa, color blanco a determinar por la DF, acabado mate.
- R 04 **Vidrio templado opaco**, color negro, e=1 cm, encolado sobre enfoscado de cemento, e=15mm

Ilustración 40: Texto descriptivo de las diferentes capas que componen el cerramiento. (Fuente propia)

La suma de todos los espesores descritos no representan un total de 0.40 m. si no que es de 0.327 m. Se trata de un mal grafismo.

En contrapartida se ha realizado con Revit, software BIM, el mismo proyecto y por tanto, el elemento en cuestión.

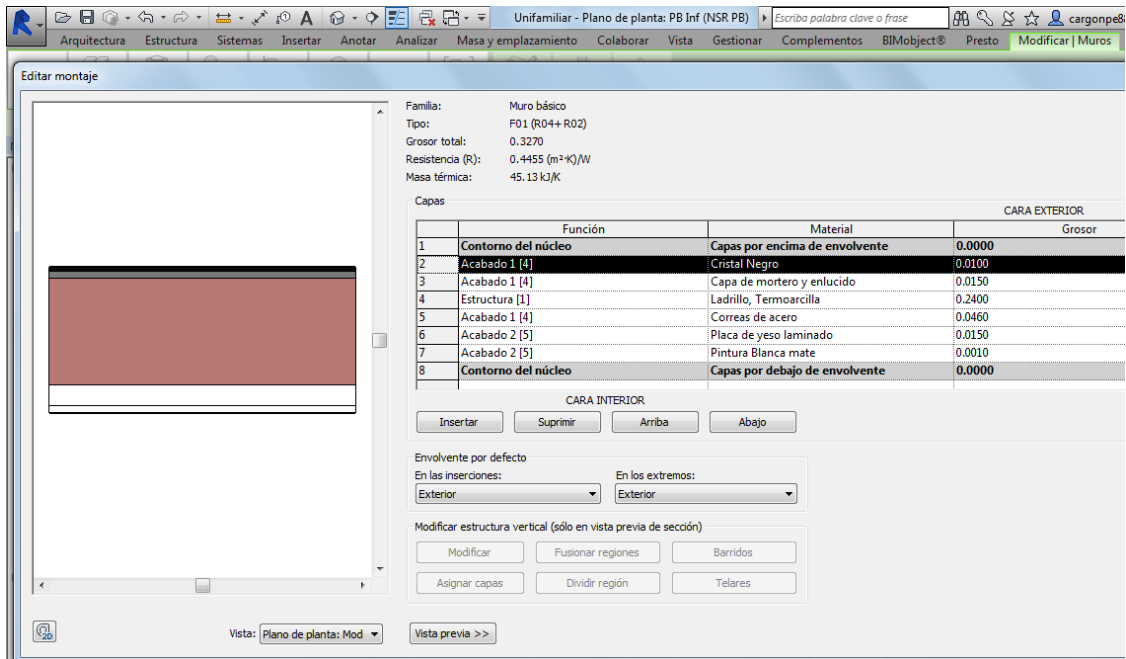


Ilustración 41: Detalle de las capas que conforman el cerramiento en Autodesk Revit (fuente propia)

Cada elemento es modelado a tenor de las capas que lo componen, de manera que el riesgo de error es mínimo. Se ha creado una familia de sistema correspondiente a un muro básico y se le ha nombrado como F01 (R04+R02). En el menú de edición se han añadido todas las capas descritas en el texto de la leyenda del proyecto con sus espesores correspondientes. Además, cada capa representa un material real con sus propiedades físicas y térmicas para posteriores estudios. Este aspecto en este momento no es relevante ya que se está poniendo en cuestión únicamente el espesor constructivo.

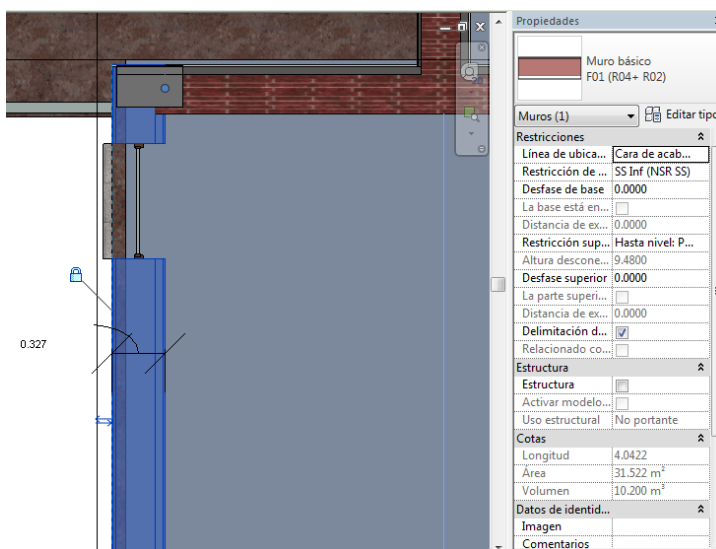


Ilustración 42: Diseño final del cerramiento atendiendo a las especificaciones de proyecto con sus respectivos datos paramétricos a la derecha. (Fuente propia)

Finalmente el resultado es un cerramiento de fachada de espesor 0.327 m exactamente y en el que se pueden observar todos los materiales que componen el cerramiento compuesto.

### 3.2.4 Errores u omisiones en memorias de carpintería.

El software BIM es una herramienta muy potente en este tipo de casos. Debido al cruce de información que se genera en los proyectos tradicionales, es extremadamente fácil la pérdida de información en el momento de trasladar datos entre documentos y planos. Con el uso de un modelo único tal y como se aboga desde la metodología BIM, esta pérdida de información es menos probable. En ningún momento se considera que sea improbable ya que existe siempre el factor humano, sino se presenta como una barrera más que restringe estas probabilidades de error.

En la siguiente imagen se observa uno de tantos errores encontrados en cuanto a divergencias entre documentos de un mismo proyecto. El proyecto de ejecución señala que la barandilla referenciada como b3 está compuesta por un doble vidrio 12 + 12, mientras que en el mismo documento en su apartado de mediciones la describe con una composición de 10 + 10.

#### **b3**

DESCRIPCIÓN	Barandilla de vidrio
VIDRIO	Laminado 12+12 con butiral transparente
ANCLAJE	Oculto, empotrado bajo pavimento, según detalle
UBICACIÓN	Escalera
UNIDADES	1

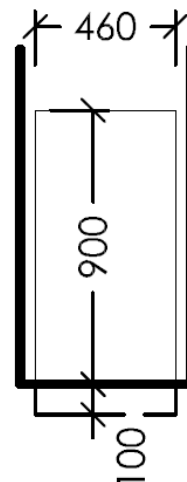


Ilustración 43: Extracto de la memoria de carpintería de proyecto. (Fuente propia)



#### 4.3 Defensas interiores

4.3.1 PDB030	m	Barandilla de vidrio laminar 10+10, de 90 cm de altura, con anclaje oculto bajo el pavimento, atornillada al hormigón.		
b3			0,46	0,460
b12			2,09	2,090
			Total m.....:	2,550

Ilustración 44: Descripción de la memoria de carpintería de proyecto. (Fuente propia)

El anterior error de proyecto definido se trata de una incoherencia en cuanto a la descripción. Otro tipo de error atribuible al capítulo de carpinterías es el que encontramos en el momento del recuento de elementos. Para ello la metodología BIM es extremadamente precisa.

Se presenta la carpintería P4 en el apartado de mediciones de Proyecto de ejecución con las características que se observan a continuación:

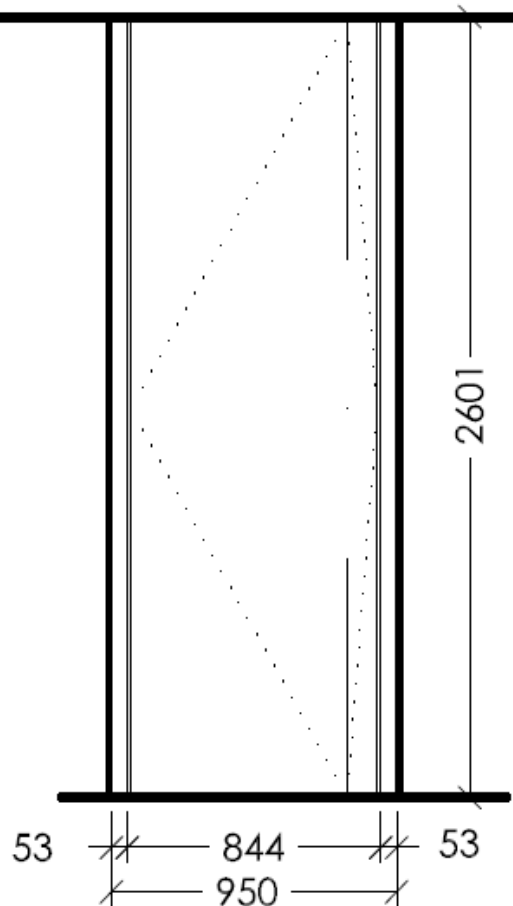
4.2.4 PPM010I	Ud	p4 - Puerta de paso ciega, de una hoja de 230x82,5x3,5 cm + fijo superior de 30 cm, lisa de tablero hueco, formado por alma alveolar de papel kraft y chapado de tablero de fibras, acabado con revestimiento de melamina, de color blanco; precerco de pino país de 90x35 mm; galces de MDF, con revestimiento de melamina, color blanco de 90x20 mm; tapajuntas de MDF, con revestimiento de melamina, color blanco de 80x12 mm.		
			Total Ud.....:	1,000

Ilustración 45: Descripción de la carpintería en el presupuesto de proyecto. (Fuente propia)

Sin embargo, la memoria de carpintería muestra datos contradictorios. Las dimensiones no corresponden ni en altura ni en anchura (la diferencia es más de 30 cm en altura). La leyenda señala que se trata de una puerta de vaivén cuando en el texto superior no lo especifica. El error es mayor aun al dejar ver que existe diferencias de medición entre la leyenda dónde se refleja un ancho de 670 mm. el cual no corresponde ni con el grafismo ubicado contiguo ni por supuesto, en la memoria de mediciones.

**p4**

DESCRIPCIÓN	Puerta de paso de DM
HOJA	Vaivén de 670 x 2300 mm
CERCO	Pino 140 x 4 mm
ACABADO	lacado blanco satinado a elegir sobre muestras
UBICACIÓN	Cocina
UNIDADES	1



*Ilustración 46: Extracto de la memoria de carpintería de proyecto (Fuente propia)*

Todas estas divergencias entre documentos provocan en un primer momento errores a la hora de realizar el presupuesto ya que no se dispone de información fiable y la empresa constructora nunca va a valorar los elementos en el supuesto más económico a riesgo de salir perjudicado. En el caso de no estudiarse adecuadamente el proyecto para su oferta, serán necesarias reuniones con la dirección facultativa para proceder a la definición de estas incoherencias.

Además, existe un error en cuanto a la medición. En el documento correspondiente, se detalla un único elemento de la carpintería P4 ubicada en la zona de la cocina. Observando, sin excesivo detenimiento, los planos de proyecto se encuentran al menos 5 elementos grafiados con la referencia P4.

La solución a los errores vistos anteriormente es el uso de una única fuente de información. Mediante el uso de un modelo central todos los elementos modelados están contenidos en una

base de datos. Para este caso concreto, generando una tabla de planificación de cómputo de puertas, automáticamente obtenemos el recuento de carpinterías de ese tipo que se han modelado. El modelo P4 se observa en la última fila con un recuento de 5 unidades y unas dimensiones de 0.950 x 2.601 m. Además tenemos la posibilidad de, seleccionando el elemento en la tabla de planificación, obtener su ubicación.

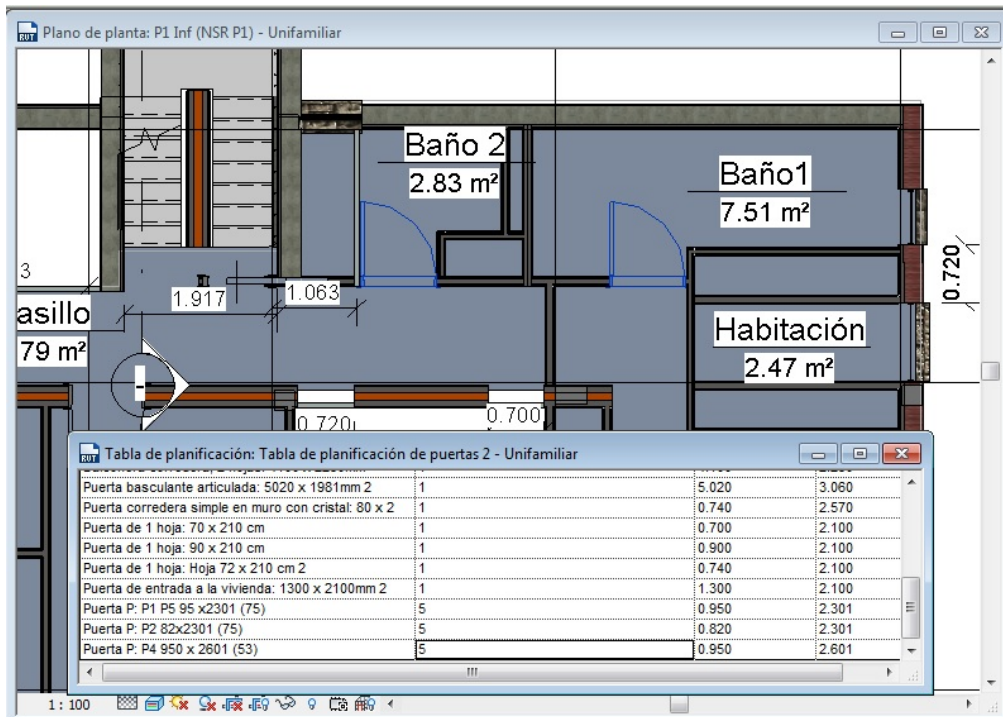


Ilustración 47: Modelo en Revit dónde aparece la tabla de planificación de puertas y remarcados los ejemplares en concreto. (Fuente propia)

Finalmente, para solventar las incongruencias que se generan entre planos y memorias, es posible la creación de memorias de carpintería automáticas. Siempre respecto a lo modelado en proyecto. En BIM toda la información está contenida desde un inicio, simplemente se obtienen los aspectos que se deseen en cada momento.

Seleccionando la carpintería que se desee detallar y realizando el llamado montaje, se obtiene toda su información característica. En la siguiente captura se observa únicamente un extracto de dicha información en la que se ha seleccionado como relevante la vista en planta y alzado, perspectiva, así como una tabla que computa sus materiales y otra que muestra el nombre de la familia.

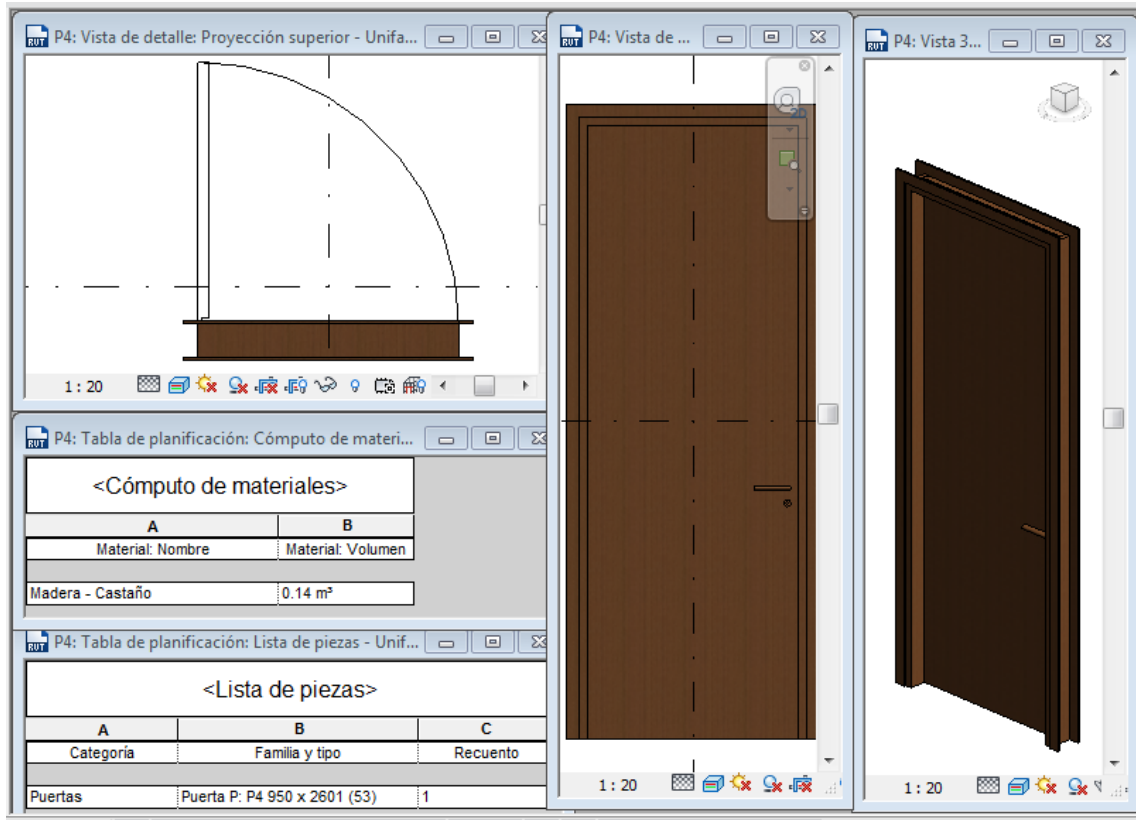


Ilustración 48: Memoria de carpintería con Autodesk Revit. (Fuente propia)

Solo restaría crear un plano conjunto agrupando todos los tipos de carpintería y ya tendríamos de la memoria de carpintería y/o exportar la información de las tablas de planificación en formato Excel, presto o cualquier otro para realizar memorias en texto o presupuestos.

### 3.2.5 Obtención de mediciones y presupuestos

La cuantificación es uno de los aspectos en los que el software BIM resulta indispensable. Gracias a la parametrización de la información, todos los elementos son mostrados en forma de base de datos y exportados al formato que se desee.

A continuación se presenta una tabla de planificación de muros. Son multitud los parámetros que se pueden mostrar en este tipo de tablas e incluso se pueden crear a conveniencia. En este caso se ha decidido representar el tipo de familia con su área y su coste correspondiente para

poder llevar a cabo un presupuesto. Además se representa su fase de creación, así como sus restricciones de base y superior. Otro parámetro interesante para este caso es por ejemplo la creación de uno que obtenga el coste total (coste x área). Realmente nos encontramos prácticamente con una tabla Excel asociada a un modelo 3D, de manera que las opciones son elevadas.

Además, ofrece la posibilidad de filtrar por cualquier parámetro. Si nos interesa solo cuantificar los elementos que se van a desarrollar en una fase concreta o en un nivel específico, podemos realizarlo.

<Tabla de planificación de muros>

A	B	C	D	E	F
Familia y tipo	Área	Costo	Fase de creación	Restricción de base	Restricción superior
Muro básico: F01 (R01+ R02)	28.85 m <sup>2</sup>	10.00	Existente	PB Inf (NSR PB)	Hasta nivel: PB
Muro básico: F01 (R01+ R03)	5.98 m <sup>2</sup>	15.00	Nueva construcción	PB Inf (NSR PB)	Hasta nivel: PB
Muro básico: F01 (R04+ R02)	137.94 m <sup>2</sup>		Nueva construcción		
Muro básico: F01 (R04+ R03)	66.23 m <sup>2</sup>		Nueva construcción	PB Inf (NSR PB)	
Muro básico: F02	19.03 m <sup>2</sup>		Nueva construcción	SS Inf (NSR SS)	Hasta nivel: Ter
Muro básico: F02 (Nada + R01)	58.22 m <sup>2</sup>		Nueva construcción		
Muro básico: F02 (Nada+ R03)	25.00 m <sup>2</sup>		Nueva construcción	SS Inf (NSR SS)	Hasta nivel: Ter
Muro básico: F02 (Nada+ R04)	20.79 m <sup>2</sup>		Nueva construcción	SS Inf (NSR SS)	Hasta nivel: Ter
Muro básico: F02 (R01+ R02)	35.00 m <sup>2</sup>		Nueva construcción		
Muro básico: F02 (R01+ R03)	31.98 m <sup>2</sup>		Nueva construcción		
Muro básico: F02 Perimetro Parcela (Nada + R0	152.94 m <sup>2</sup>		Nueva construcción	PB Inf (NSR PB)	
Muro básico: F03 (Nada+ R02)	39.84 m <sup>2</sup>		Nueva construcción	SS Inf (NSR SS)	Hasta nivel: SS
Muro básico: F03 (Nada+ R03)	26.71 m <sup>2</sup>		Nueva construcción	SS Inf (NSR SS)	Hasta nivel: SS
Muro básico: F04 (Nada + R01)	95.89 m <sup>2</sup>		Nueva construcción	SS Inf (NSR SS)	Hasta nivel: SS
Muro básico: F04 (Nada+ R02)	6.59 m <sup>2</sup>		Nueva construcción	SS Inf (NSR SS)	Hasta nivel: SS
Muro básico: F04 (R01+ R02)	6.61 m <sup>2</sup>		Nueva construcción	SS Inf (NSR SS)	Hasta nivel: SS
Muro básico: F05 (R02+ R03)	21.15 m <sup>2</sup>		Nueva construcción		
Muro básico: F05 (R02+R02)	221.71 m <sup>2</sup>		Nueva construcción		
Muro básico: F06 (R2+R2)	15.64 m <sup>2</sup>		Nueva construcción	P1 Inf (NSR P1)	Hasta nivel: P1
Muro básico: F06 (R2+R3)	31.87 m <sup>2</sup>		Nueva construcción		
Muro básico: F07 (R02 + R02)	75.98 m <sup>2</sup>		Nueva construcción		
Muro básico: F08 (R02+ R03)	9.57 m <sup>2</sup>		Nueva construcción		
Muro básico: F09 (Nada + R01)	34.87 m <sup>2</sup>		Nueva construcción		
Muro básico: F10 (Nada+R03)	12.34 m <sup>2</sup>		Nueva construcción	PB Inf (NSR PB)	
Muro básico: Mampara	50.53 m <sup>2</sup>		Nueva construcción		
Muro básico: Seto	185.94 m <sup>2</sup>		Nueva construcción	PB Inf (NSR PB)	No conectada

Ilustración 49: Tabla de planificación de muros realizada con Autodesk Revit. (Fuente propia)

Esta tabla de planificación es de utilidad si nuestro objetivo es contabilizar partidas compuestas, formadas por el conjunto que se detalla, F01 (R01+R02) por ejemplo. En el caso de desear presupuestar por materiales por separado también es posible.

Cada muro está definido por sus capas, de manera que el sistema es el mismo para obtener una tabla de planificación, esta vez de materiales, y generar una lista detallada de todos los materiales que componen los muros que se han presentado en la imagen anterior.

<Cómputo de materiales de muro>				
A	B	C	D	E
Material: Nombre	Material: Área	Material: Costo	Material: Fabricante	Material: Comentarios
Capa de mortero y enlucido	137.91 m <sup>2</sup>	0.00		
Correas de acero	1119.49 m <sup>2</sup>	0.00		
Cristal Negro	224.95 m <sup>2</sup>	0.00		
Enlucido - Blanco	420.56 m <sup>2</sup>	0.00		
Gres porcelánico 60 x 60	230.38 m <sup>2</sup>	0.00		
Hormigón, Moldeado in situ, gris	518.42 m <sup>2</sup>	0.00		
Ladrillo cerámico perforado	34.87 m <sup>2</sup>	0.00		
Ladrillo, Termoarcilla	238.92 m <sup>2</sup>	0.00		
Lana de roca	75.98 m <sup>2</sup>	0.00		
Panel yeso techo	19.14 m <sup>2</sup>	0.00		
Pintura Blanca mate	971.96 m <sup>2</sup>	0.00		
Placa de yeso laminado	2122.85 m <sup>2</sup>	0.00		
Seto	185.94 m <sup>2</sup>	0.00		
Vidrio	50.53 m <sup>2</sup>	0.00		

*Ilustración 50: Tabla de planificación de cantidades realizada con Autodesk Revit. (Fuente propia)*

Todas las tablas de planificación pueden mostrar los elementos agrupados por el parámetro que se desee como en este caso por familia o bien mostrar todos por separado para poder seleccionar e identificar uno en concreto. En el caso de tener alguna duda sobre su ubicación se muestra en el modelo.

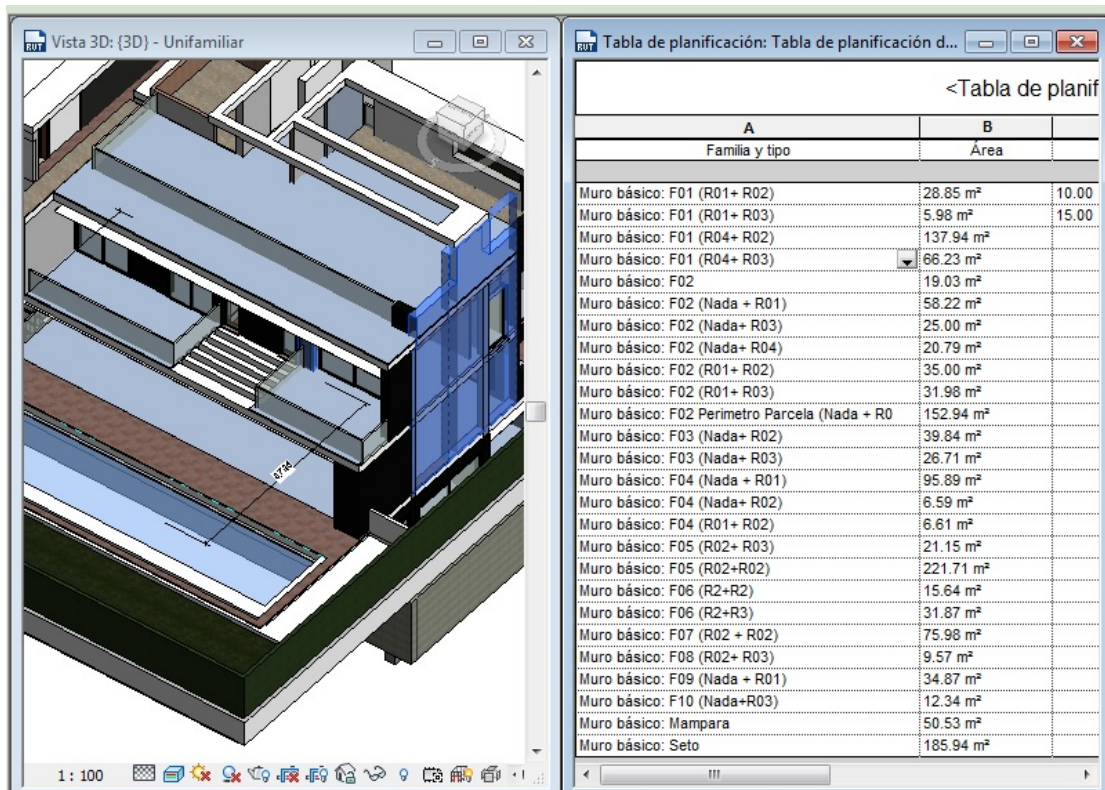


Ilustración 51: Relación entre un cerramiento concreto y su ubicación real en el modelo. (Fuente propia)

Una vez obtenida la información deseada se exporta en el formato correspondiente. El software BIM ofrece multitud de complementos haciendo gala de la interoperabilidad que lo caracteriza. Existen extensiones de gestión presupuestaria como la que ofrece Presto de forma no gratuita. La opción gratuita e integrada en Revit es la exportación de las tablas en formato de texto (.txt) y su posterior importación en Excel. Los resultados no tienen visualmente la calidad de exportar directamente a un programa como Presto pero en cuanto a operatividad son buenos.

	A	B	C	D	E	F
1	Tabla de planificación de muros					
2	Familia y tipo	Área	Costo	Fase de creación	Restricción de base	Restricción superior
3						
4	Muro básico: F01 (R01+ R02)	28.85 m <sup>2</sup>	10.00	Existente	PB Inf (NSR PB)	Hasta nivel: PB Sup (NBF P1)
5	Muro básico: F01 (R01+ R03)	5.98 m <sup>2</sup>	15.00	Nueva construcción	PB Inf (NSR PB)	Hasta nivel: PB Sup (NBF P1)
6	Muro básico: F01 (R04+ R02)	137.94 m <sup>2</sup>		Nueva construcción		
7	Muro básico: F01 (R04+ R03)	66.23 m <sup>2</sup>		Nueva construcción	PB Inf (NSR PB)	
8	Muro básico: F02	19.03 m <sup>2</sup>		Nueva construcción	SS Inf (NSR SS)	Hasta nivel: Terr. Sup (NBF Cubiertas)
9	Muro básico: F02 (Nada + R01)	58.22 m <sup>2</sup>		Nueva construcción		
10	Muro básico: F02 (Nada+ R03)	25.00 m <sup>2</sup>		Nueva construcción	SS Inf (NSR SS)	Hasta nivel: Terr. Sup (NBF Cubiertas)
11	Muro básico: F02 (Nada+ R04)	20.79 m <sup>2</sup>		Nueva construcción	SS Inf (NSR SS)	Hasta nivel: Terr. Sup (NBF Cubiertas)
12	Muro básico: F02 (R01+ R02)	35.00 m <sup>2</sup>		Nueva construcción		
13	Muro básico: F02 (R01+ R03)	31.98 m <sup>2</sup>		Nueva construcción		
14	Muro básico: F02 Perimetro Parcela (Nada + R01)	152.94 m <sup>2</sup>		Nueva construcción	PB Inf (NSR PB)	
15	Muro básico: F03 (Nada+ R02)	39.84 m <sup>2</sup>		Nueva construcción	SS Inf (NSR SS)	Hasta nivel: SS Sup (NBF PB)
16	Muro básico: F03 (Nada+ R03)	26.71 m <sup>2</sup>		Nueva construcción	SS Inf (NSR SS)	Hasta nivel: SS Sup (NBF PB)
17	Muro básico: F04 (Nada + R01)	95.89 m <sup>2</sup>		Nueva construcción	SS Inf (NSR SS)	Hasta nivel: SS Sup (NBF PB)
18	Muro básico: F04 (Nada+ R02)	6.59 m <sup>2</sup>		Nueva construcción	SS Inf (NSR SS)	Hasta nivel: SS Sup (NBF PB)
19	Muro básico: F04 (R01+ R02)	6.61 m <sup>2</sup>		Nueva construcción	SS Inf (NSR SS)	Hasta nivel: SS Sup (NBF PB)
20	Muro básico: F05 (R02+ R03)	21.15 m <sup>2</sup>		Nueva construcción		
21	Muro básico: F05 (R02+R02)	221.71 m <sup>2</sup>		Nueva construcción		
22	Muro básico: F06 (R2+R2)	15.64 m <sup>2</sup>		Nueva construcción	P1 Inf (NSR P1)	Hasta nivel: P1 Sup (NBF Terrazas)
23	Muro básico: F06 (R2+R3)	31.87 m <sup>2</sup>		Nueva construcción		
24	Muro básico: F07 (R02 + R03)	75.88 m <sup>2</sup>		Nueva construcción		

Ilustración 52: Exportación de tablas de planificación de Autodesk Revit a formato Excel. (Fuente propia)

### 3.2.6 Planificaciones temporales

El último aspecto es la planificación temporal de los trabajos. La manera BIM de realizar una planificación temporal prevista es similar a la realizada tradicionalmente con la salvedad que esta se conecta con el modelo virtual. Si hasta el momento se realizaba un diagrama de Gantt con software como Primavera o MS Project, ahora este diagrama está vinculado en la misma aplicación BIM. El gran punto fuerte de la metodología BIM es la interoperabilidad con otros softwares en forma de complementos. En este caso la planificación temporal o “timeliner” está integrado en softwares como Navisworsk. La forma de trabajar es a medida que se van definiendo las tareas que formarán parte de la planificación, se vinculan con los objetos reales en el modelo.





Ilustración 53: Ejemplo de planificación temporal BIM realizada con Autodesk Navisworks.

### 3.2.7 Estudio de recorridos de evacuación.

Se colabora en la realización de un proyecto de construcción de dos naves industriales y la adecuación de otra en una empresa alimentaria encargada de la fabricación de productos de frío. Además se procederá a la ejecución material posterior.

Al mismo tiempo que se redacta el proyecto de una manera convencional, se acuerda el modelado de las instalaciones tanto nuevas como antiguas. De esta manera, servirá de apoyo para evitar errores derivados de la falta de información o indefiniciones.

Además, se trata de un apoyo gráfico muy potente que el cliente pueda ver el proceso que se va a llevar a cabo y los resultados de su inversión previo a la ejecución.

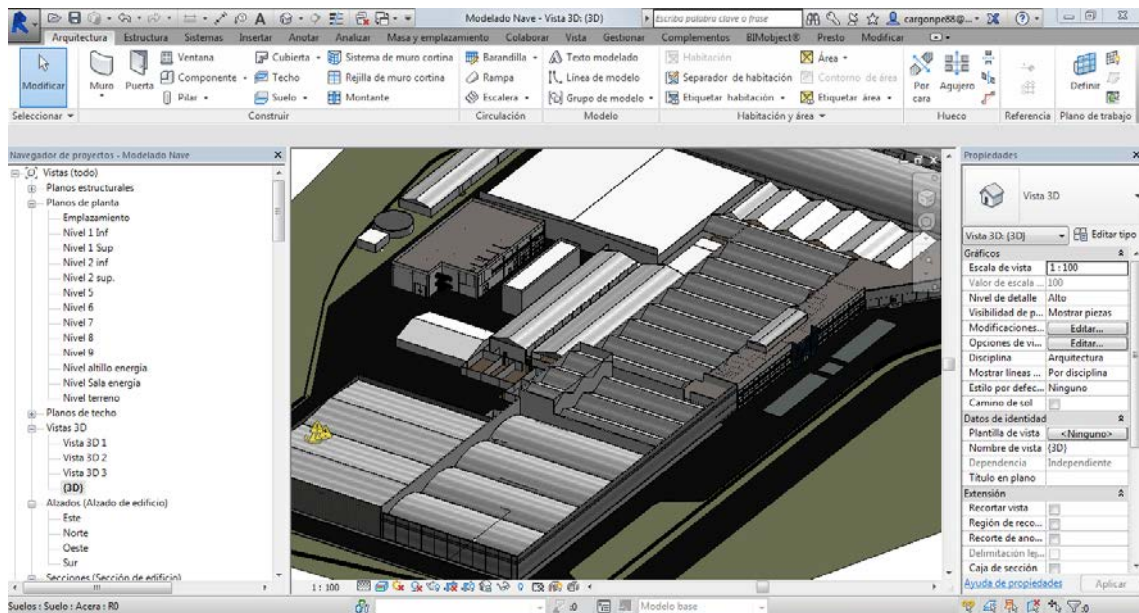


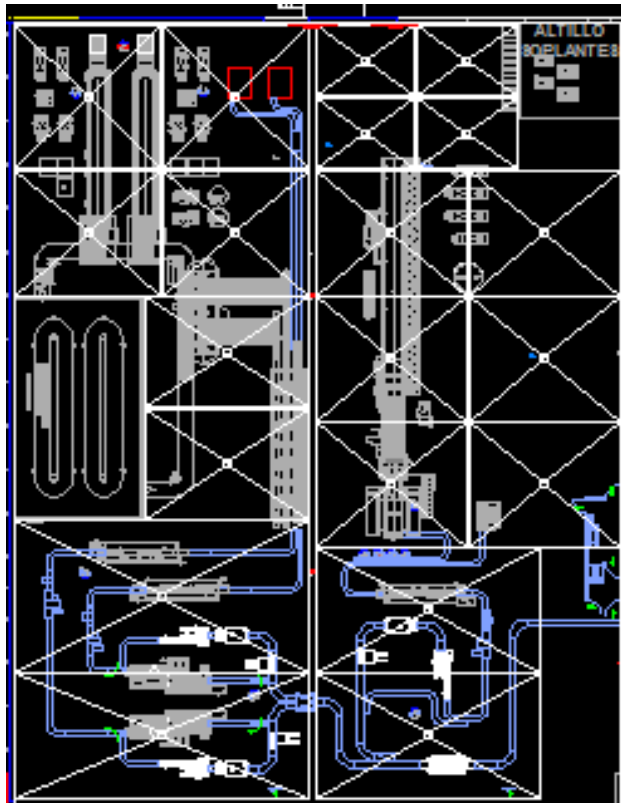
Ilustración 54: Modelado genérico de fábrica (Fuente propia)

Se trata de un proyecto en el que la empresa va a aumentar cerca de un 30% de sus instalaciones. Con una superficie nueva de más de 5000 metros cuadrados.

Al tratarse de una empresa alimenticia de importante facturación, las instalaciones existentes son numerosas y con diferentes alturas de recorrido. Actualmente se disponen planos bastante detallados pero únicamente en dos dimensiones, lo cual reduce la información considerablemente. Se plantea como objetivo modelar a corto plazo al menos las instalaciones que se va a realizar. Con ello conseguimos además de entregar al cliente un modelo “as built” para procesos de mantenimiento o futuras reformas, disponer de una información excepcional de cara a la ejecución de las obras. Con ella podremos determinar si existen interferencias entre sistemas antes de la ejecución y supondrá un ahorro de tiempo, imprevistos y por supuesto, económico.

Una de las dudas que surgen a nivel de redacción de proyecto es en cuanto a los recorridos de evacuación. Como se ha señalado, existen numerosas salas con múltiples instalaciones y maquinaria. La empresa dispone de planos de planta y alguna sección de algunas de ellas, sin embargo a efectos del proyectista, suele trabajar en los planos de planta. Por tanto, es difícil discernir en una vista cenital que lugares son aptos para el paso de trabajadores en el caso de un posible incendio.

El caso de mayor dificultad se presenta en una sala de materias primas que se va a convertir en sala de producción. La maquinaria es numerosa y existen cintas de transporte de producto. Además de una plataforma en una altura superior y algunas de estas cintas se elevan hacia ella.



En esta imagen se muestra la sala de producción que se va a ejecutar en el lugar que actualmente ocupa la nave de materias primas.

Los trabajos comenzarán con el picado de la solera existente y la ejecución de una nueva para la posterior colocación de losetas antiácido como acabado del pavimento. Todo ello con la formación de pendientes que se observa en el plano para la evacuación de posibles productos que se desprendan de la fabricación.

*Se observan numerosas máquinas y cintas que de ninguna manera se puede saber si obstaculizan el paso de personas.*

Ilustración 55: Plano en planta de la sala de producción (Fuente propia)

En este sentido, se procede al modelado

de las instalaciones ubicadas en esta sala. Se trata de un modelado sencillo, con formas geométricas, ya que el nivel de desarrollo de las familias para este objetivo no necesita ser alto. Simplemente se desea conocer los volúmenes y la disposición real de estas.

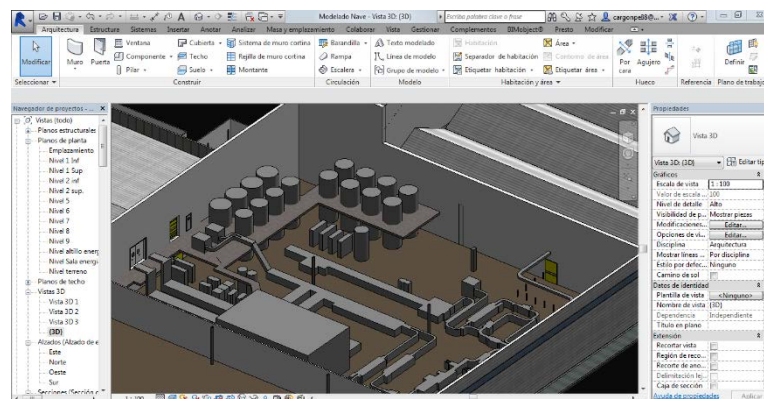


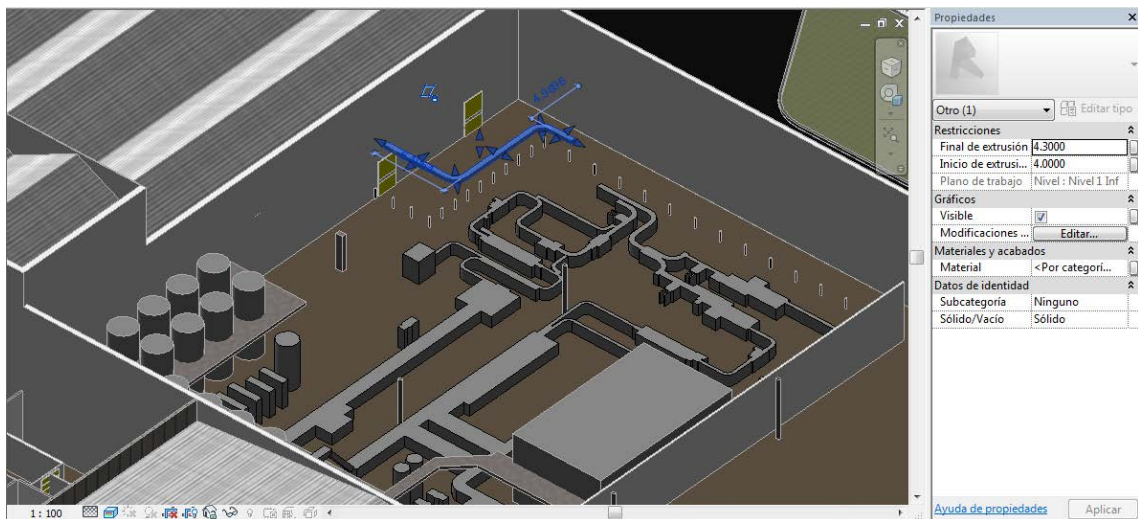
Ilustración 56: Modelo en vista 3D de la sala de producción a ejecutar (Fuente propia)

En el modelo anterior se observa ya de una manera visual las alturas de los elementos vistos anteriormente en planta. Existen dos cintas que ascienden de forma vertical al altillo, una que lo hace de manera inclinada y una última en la esquina derecha que transcurre a unos 4 metros de altura.



*Ilustración 57. Detalle de uno de los conjuntos de maquinaria de la sala de producción (Fuente propia)*

Consultando en detalle uno de los grupos de maquinaria modelados, se puede visualizar en la paleta de propiedades ubicada en la zona derecha de la imagen las características propias. Se observa que en este caso, ese núcleo ocupará en altura un volumen relativo de entre 0.5 metros y 1.5 metros. Por tanto, toda esa superficie es un impedimento para la evacuación. Hay que evitarlo.



*Ilustración 58: Detalle de uno de los conjuntos de maquinaria de la sala de producción (2) (Fuente propia)*

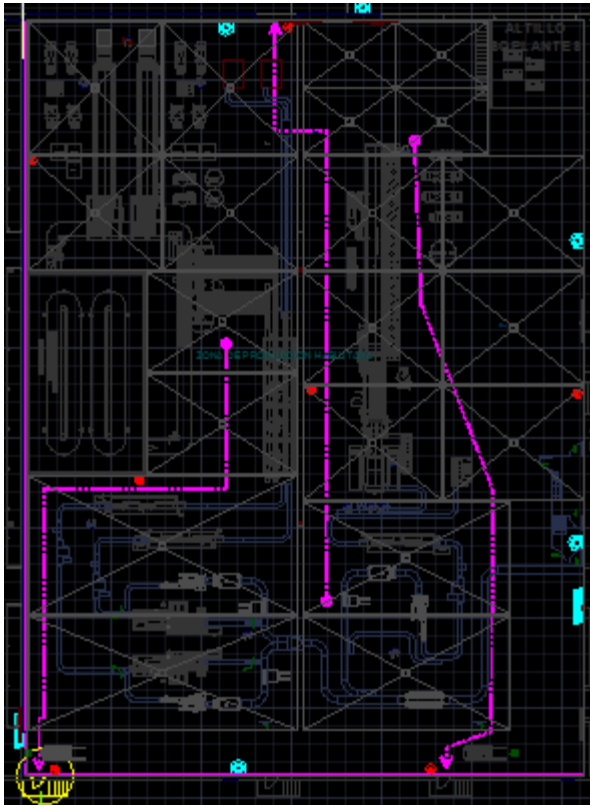


Ilustración 59: Plano en planta de recorridos de evacuación en Sala producción (Fuente propia)

Sin embargo, en este otro tramo de cinta señalado, la altura oscila entre 4 y 4.30 metros. De manera que no existe impedimento para que los trabajadores puedan evacuar.

Como se observa, una de las líneas de evacuación atraviesa en planta una de las cintas grafiadas en busca de una de las salidas al exterior.

Disponiendo solo del plano en planta línea no hubiera sido posible determinarla. De esta manera sabemos que la altura de ese tramo es superior a la de paso de personas y es válida.

## CONCLUSIONES

### DIFICULTADES EN LA IMPLANTACION

#### 1. Un sector tradicional

El principal inconveniente que genera la implementación de la metodología BIM es la tradicionalidad que presenta históricamente el sector de la edificación y construcción.

Generalmente, es una actividad basada en el conocimiento que se transmite de generación en generación y con unos métodos de trabajo muy arraigados.

Si bien es cierto que con la llegada de los medios informáticos los métodos de trabajo cambiaron hacia la digitalización, estas herramientas son las mismas que décadas atrás.

Es por ello, que es necesario un cambio de mentalidad como el que se produjo en la década de los noventa hacia el uso de Autocad, Excel, Word y otro software informático. Es necesario un paso hacia el dibujo paramétrico que representa BIM como se hizo hacia el dibujo digital en su momento.

## 2. Dificultad de comunicación

Este aspecto está ligado al aspecto anterior basado en la tradicionalidad del sector pero asciende un escalón más en el problema.

Si ha quedado en evidencia que el uso de software BIM actualmente en España es más bien poco frecuente, es muy difícil que se produzca la transferencia de información en un formato común, el cual es el BIM.

Para trabajar siguiendo la metodología, es necesario que todos los agentes involucrados hablen el mismo idioma. Todo el proyecto desde sus inicios hasta su fin último debe estar generado en un modelo central, único y compartido.

Actualmente, para ejecutar un proyecto de construcción, es muy difícil encontrar empresas que trabajen en BIM. Si bien es cierto que a medida que pasa el tiempo el número de empresas que se integran en este proceso crece, son contados los proyectos que se puede encontrar.

## 3. Normativa inexistente:

En mi opinión, es fundamental para que los cambios sean realmente efectivos, que la administración tome medidas en ese sentido. La empresa privada puede sentir interés por las nuevas metodologías de trabajo pero si no se siente obligada e incentivada resulta muy difícil que las aplique.

En las empresas privadas, un escaso porcentaje de sus recursos está destinado a la innovación. La razón es sencilla, se trata de un aspecto que a corto o medio plazo no genera frutos fehacientes.

En países como Reino Unido, la administración pública ha dado un paso adelante y obligará el uso de Building information Modeling en obra pública a partir de 2016: “A partir de 2016 todas las empresas que trabajen para obras estatales deberán cumplir con esta normativa que tendrá como objetivo principal reducir entre un 20% y 30% los costos de las obras públicas” (NoticiasArq, s.f.)

En Europa los pasos que se han efectuado son más tímidos pero van encaminados hacia el mismo fin: “La revisión de la Directiva de la Unión Europea quiere incorporar la metodología BIM sobre la contratación pública, tomando como referencia el orden BIM de Reino Unido y crear caminos para que otros miembros de la UE puedan adoptar BIM.” (Manager, Construction, s.f.)

En España, dado la evidencia global innegable, la administración ha decidido formar una comisión para el estudio de la posible implantación de la metodología BIM. Tal y como se declara: “Esta comisión nace para impulsar la implantación de BIM en el sector de la construcción española, fomentar su uso en todo el ciclo de vida de las infraestructuras, sensibilizar a las administraciones públicas en el establecimiento de requisitos BIM en las licitaciones de infraestructuras, establecer un calendario para adaptación de la normativa para su empleo generalizado, desarrollar los estándares nacionales que posibiliten su uso homogéneo y realizar el mapa académico de formación de esta metodología en España.” (Ministerio Fomento, s.f.)

## BENEFICIOS Y VALOR GANADO OBTENIDO

En mi opinión, los beneficios generados por la utilización de la metodología BIM están orientados en dos vertientes. Por un lado, la relativa a la utilización de un modelo central y único para todo el proyecto y por otro, la gran cantidad de información que puede contener el modelo.

En cuanto al uso de un modelo único y común, base de la metodología BIM, genera valor ganado en varios aspectos. El primero es la reducción de documentación que se genera. Al disponer de

un único modelo, toda la información está contenida en él. Añadido a esa cualidad se encuentra la ventaja de existir menos confusiones en cuanto a modificaciones. Es habitual que existan multitud de variaciones de proyecto y estas variaciones se efectúen en archivos independientes que posteriormente se agrupan en un modelo común o simplemente se vinculan mediante una referencia externa, método muy peligroso ya que se puede perder fácilmente la ruta a la que está asignado este plano y desaparecería. Utilizando un modelo central con subproyectos asignados a cada especialidad, pese a que cada uno trabaja en su área, no existe realmente una división en el modelo. Todos trabajan en uno común y no existe abundancia de archivos, redundancia, confusiones y errores.

Respecto a la información que contiene el modelo, ya se ha comentado la facilidad de obtener datos de todos los elementos generados en el modelo. Se trata de una auténtica base de datos asignada a un modelo tridimensional. El valor ganado en este sentido es la obtención de mediciones y costes fácilmente, en definitiva, rapidez respecto al trabajo diario.

El denominador común de estas ventajas vistas anteriormente se puede transformar en dos valores fundamentales y muy importantes: tiempo y coste. Tanto la buena organización utilizando el modelo central como la facilidad de obtención de información generan un ahorro evidente de tiempo y con ello el consiguiente ahorro de coste. Aspectos que toda empresa debe perseguir en la ejecución de sus proyectos. Pero para ello es necesario invertir. Invertir en nuevas metodologías, incipientes y con resultados a medio plazo como es el caso de Building Information Modeling.

## Referencias

Fombona Cadavieco, D., Pascual Sevillano, D., & Madeira Ferreira Amador, D. (Julio de 2012).

REALIDAD AUMENTADA, UNA EVOLUCIÓN DE LAS. *Revista de Medios y Educación*, 197-210.

(NBS), N. B. (s.f.).

Abigail Miquel. (10 de Diciembre de 2013). *Trabajar en red Revit*. Recuperado el 01 de Julio de 2015, de <http://cursorevit.com/trabajar-en-red-revit/>



Abigail Miquel. (24 de Diciembre de 2013). *Worksharing*. Recuperado el 1 de Julio de 2015, de <http://cursorevit.com/worksharing/>

Acercas. (2015). Recuperado el 22 de Marzo de 2015, de <http://acercas.com/>

AIA, American Institute of architects. (s.f.). E-202 Building Information Protocol.

Alarcón Lopez, Martinez Cava, & Martinez Gomez. (2013).

Alejandro Rodriguez Garza. (4 de Julio de 2013). Recuperado el 15 de Enero de 2015, de <http://revitenmexico.blogspot.com.es/2013/07/bim-execution-plan-que-es-y-quien-lo.html>

Allplan. (s.f.). *Allplan*. Recuperado el 3 de Julio de 2015, de <http://www.allplan.com/es/software/open-bim/programa-open-bim.html>

Arqtool. (s.f.). Recuperado el 26 de Junio de 2015, de <http://arqtool.blogspot.com.es/2010/05/manual-para-compartir-un-proyecto-en.html>

Arqtool. (s.f.). <http://arqtool.blogspot.com.es/2010/05/manual-para-compartir-un-proyecto-en.html>.

augmentedrealitytrends. (s.f.). <http://www.augmentedrealitytrends.com/augmented-reality-retail/future-of-retail-and-commerce.html>.

Autodesk. (s.f.). [http://studentsdownload.autodesk.com/ef/27288/cdcoll/downloads/SEspanishCurriculum/Unit3/Unit3\\_WorkbookFigures/SE\\_Unit3\\_Spanish\\_Instructor.pdf](http://studentsdownload.autodesk.com/ef/27288/cdcoll/downloads/SEspanishCurriculum/Unit3/Unit3_WorkbookFigures/SE_Unit3_Spanish_Instructor.pdf).

Avatar BIM. (s.f.). Recuperado el 13 de Abril de 2015, de [http://www.avatarbim.com/?page\\_id=179](http://www.avatarbim.com/?page_id=179)

Avatar BIM. (31 de Marzo de 2013). Recuperado el 26 de Enero de 2015, de <http://www.avatarbim.com/?p=547>

AvatarBim. (s.f.). Obtenido de <http://www.avatarbim.com/?p=547>

Avsatthi, Bhushan. (s.f.). *Point Cloud to BIM and Efficient Project Management – an Insight*. Recuperado el Noviembre de 2014, de <http://www10.aecafe.com/nbc/articles/1/1308974/Point-Cloud-BIM-Efficient-Project-Management-Insight>

- Barlish, K., & Sullivan, K. (2012). How to measure the benefits of BIM. *Elsevier*.
- BCA. (2012). *Singapore BIM guide*.
- Bim Object. (2015). Recuperado el 25 de Febrero de 2015, de <http://bimobject.com/es>
- Bimmate. (s.f.). Recuperado el 03 de Julio de 2015, de <https://m1.bimmate.com/magento1/>
- Building desing construction. (s.f.). <http://www.bdcnetwork.com/augmented-reality-goes-mainstream-12-applications-design-and-construction-firms>.
- Building Smart. (2013). *Building Smart*. Recuperado el 21 de Enero de 2015 , de <http://www.buildingsmart.es/bim/gu%C3%ADas-ubim/>
- Carlos Borrás de la Hoz. (s.f.). Recuperado el 24 de Marzo de 2015, de <http://carlosborrasdelahoz.com/>
- cc.gatech. (s.f.). Obtenido de <http://www.cc.gatech.edu/computing/Database/faculty/eastman.html>
- Construction 21. (s.f.). *european-bim-or-europe-of-bim*. Obtenido de <http://www.construction21.org/articles/fr/european-bim-or-europe-of-bim.html#.VR5CE6MJ8dA.twitter>
- Cortés Yuste, E. (2013). BIM ¿por qué? ¿para qué? ¿para quién? *Cortés Yuste*.
- Credencys. (s.f.). <http://www.credencys.com/blog/how-blend-of-augmented-reality-and-big-data-would-help-in-energy-management.html>.
- Cype. (s.f.). Obtenido de [http://instalaciones.cype.es/bim\\_ifc\\_instalaciones.htm](http://instalaciones.cype.es/bim_ifc_instalaciones.htm)
- Dictionary. (s.f.). Recuperado el 30 de Octubre de 2014, de <http://dictionary.reference.com/browse/augmented+reality>
- Dilbert. (s.f.). *www.dilbert.com*.
- Duque Carmona, S. (30 de Septiembre de 2014). Building Information Modeling e Integrated Project Delivery: Caso de estudio detección de incongruencias en un proyecto de edificación. Escuela técnica superior de gestión en la edificación.
- Dzambazova, t., Krygiel, E., & Demchak, G. (2009). *Introducing Revit Architecture 2009: BIM for Beginners*.
- Building Information Modeling: Metodología, aplicaciones y ventajas.  
Casos prácticos en gestión de proyectos.

- Eubim. (s.f.). *Eubim*. Recuperado el 04 de Junio de 2015, de <http://www.eubim.com/eubim.html>
- Evolve Consultancy. (s.f.). Recuperado el 22 de Abril de 2015, de <http://www.evolve-consultancy.com/resource/bim-brief/lod-lod-loi>
- Forum, B. (s.f.). <http://www.bimforum.lv/what-is-bim/4585490676>.
- Francisco Barona. (07 de Noviembre de 2010). Recuperado el 02 de Julio de 2015, de <http://tack-blog.blog.com.es/2010/11/07/colaborando-en-el-mismo-archivo-a-esta-situacion-se-produce-9929668/>
- Gabinete Técnico y Consultoría Energética (GABERNER). (15 de Enero de 2014). Recuperado el 20 de Junio de 2015, de <http://gabener.net/2014/06/directiva-del-parlamento-europeo-en-vigor/>
- García-Gómez, Ismael; Fernández de Gorostiza López de Viñaspre, Miren ; Mesanza Moraza., Amaia ;. (2011). *Láser escáner y nubes de puntos. Un horizonte aplicado al análisis arqueológico de edificios*.
- Garcia-Gomez, I., Fernandez, M., & Mesanza, A. (2011). Laser escaner y nube de puntos. Un horizonte aplicado al análisis arqueológico de edificios. *Arqueología de la Arquitectura*, 25-44.
- Geibig, O., & Glockner, O. (2013). Bim, un enfoque integral en todas las fases del proyecto Hilti, la planificación y el diseño de la obra y viceversa. *Spanish Journal of Building Information Modeling*.
- General Services Administrator. (2015). Recuperado el 12 de Febrero de 2015, de <http://www.gsa.gov/portal/content/105075>
- Grupo Usuarios Revit Valencia (GURV). (2014). Recuperado el 5 de Junio de 2015, de <http://www.gurv.es/foro/index.php>
- Hernandez, L. A. (s.f.). Hacia el proyecto digital.
- Hernandez, Luis Agustín. (s.f.). Hacia el proyecto digital.
- IFC and building lifecycle management. (2008). *Elsevier*.
- IFC Workshop. (s.f.). Obtenido de [http://www.ifcworkshop.es/secciones/ifc/que\\_es.html](http://www.ifcworkshop.es/secciones/ifc/que_es.html)
- Building Information Modeling: Metodología, aplicaciones y ventajas. Casos prácticos en gestión de proyectos.

Ivan Guerra Barroso. (10 de Diciembre de 2013). *Bim Level*. Recuperado el 30 de Junio de 2015, de <http://www.bimlevel.com/2013/12/worksharing-internet.html>

Ivan Guerra Barroso. (13 de Diciembre de 2013). *BIM Level*. Recuperado el 30 de Junio de 2015, de <http://www.bimlevel.com/2013/12/worksharing-internet.html>

Javier Alonso Madrid. (s.f.). Nivel de desarrollo LOD. Definición, innovaciones y adaptación a España.

Juan Corso. (2012). *Surveyterra*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2014, de <http://www.surveyterra.com/2012/06/escaner-de-tiempo-de-vuelo-y-de.html>

Laiserin, J. (s.f.). *Laiserin*. Obtenido de <http://www.laiserin.com/about/index.php>

Lin, Y.-C., & Su, Y.-C. (2012). Developing Mobile and BIM-Based Integrated Visual Facility Maintenance Management System. *The Scientific world Journal*, 10.

Manager, Construction. (s.f.). <http://www.construction-manager.co.uk/news/brussels-set-enshrine-bim-eu-wide-procurement-dire/>.

Mañana-Borrazas, P., Rodriguez Paz, A., & Blanco-Rotea, R. (2008). Una experiencia de la aplicación del laser Escaner 3D a los procesos de documentación y análisis del patrimonio contruido: su aplicación a Santa Eulalia de Boveda (Lugo) y San Fiz de Solovio (Santiago). *Arqueología de la arquitectura*, 15-32.

Margaret Rouse. (27 de Enero de 2013). Recuperado el 23 de Octubre de 2014, de <http://whatis.techtarget.com/definition/augmented-reality-AR>

Mediavilla, A., Izkara, J., & Prieto, I. (2013). Plataforma colaborativa en la nube basada en BIM para el diseño de edificios energéticamente eficientes. *Spanish Journal of Building Information Modeling*.

Merriam webster. (s.f.). <http://www.merriam-webster.com/>. Obtenido de <http://www.merriam-webster.com/>

Miguel Angel Gea Andrés (Total BIM Consulting). (s.f.). Un caso de éxito: Ciudad de la Justicia Córdoba.

Ministerio Fomento. (s.f.). <http://www.fomento.gob.es/MFOMBPrensa/Noticias/El-Ministerio-de-Fomento-constituye-la-Comisi%C3%B3n-la/1b9fde98-7d87-4aed-9a46->

*3ab230a2da4e?utm\_content=bufferbe7c2&utm\_medium=social&utm\_source=twitter.com&utm\_campaign=buffer.*

- Montells de Bobes, A., & Rubio de la Torre, R. (2013). Estudio y levantamiento arquitectónico con Laser Escaner 3D de la iglesia de Sant Pere de Rodes. Escuela técnica superior de edificación de Barcelona.
- Motawa , I., & Almarshad, A. (2012). A knowledge-based BIM system for building maintenance. *ElSevier*.
- NoticiasArq. (s.f.). <http://noticias.arq.com.mx/Detalles/19667.html#.VecbuPntmko>.
- Pilar Jimenez Abos. (7 de Noviembre de 2014). Recuperado el 7 de Noviembre de 2014, de <http://pilarjimenezabos.com/cuestionario-implementacion-bim/>
- Pilar Jimenez Abos. (12 de Septiembre de 2014). Recuperado el 05 de Marzo de 2015, de <http://pilarjimenezabos.com/resumen-de-la-videoconferencia-bim/#.VHEKyajNYFA.twitter>
- Pla Cuyás, M. (2013). Bases para definir parámetros de objetos BIM: que tenemos en europa. *Spanish Journal of Building Information Modeling*.
- Plume, J., & Mitchell, J. (2005). Collaborative design using a sharing IFC building model. *ElSevier*.
- Quirk, Vanesa. (s.f.). *a-brief-history-of-bim*. Obtenido de <http://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim/>
- Realprojection1. (s.f.). <https://www.youtube.com/watch?v=D29oF7iYNxQ>.
- Sabol, L. (2008). Building Information Modeling and Facility Management. *IFMA World Workplace*.
- Sach Consulting. (2014). Recuperado el 03 de Marzo de 2015, de <http://sachconsulting.blogspot.com.es/>
- Sciences, N. I. (s.f.).
- The catalonia institute of construction technology. (2015). *ITEC*. Recuperado el 08 de Abril de 2015, de <http://itec.es/>

TheBIMhub. (s.f.). [https://thebimhub.com/2015/03/17/it-is-not-lod-it-is-lodaic/#.Vect-\\_ntmko](https://thebimhub.com/2015/03/17/it-is-not-lod-it-is-lodaic/#.Vect-_ntmko).

Wikipedia. (2015). *Tiempo de vuelo*. Recuperado el 4 de Diciembre de 2014, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Esc%C3%A1ner\\_3D#Time\\_of\\_flight\\_.28Tiempo\\_de\\_vuelo.29](http://es.wikipedia.org/wiki/Esc%C3%A1ner_3D#Time_of_flight_.28Tiempo_de_vuelo.29)

## Ilustraciones

Ilustración 1: Impacto Académico BIM (Fuente propia) .....	7
Ilustración 2: Comunicación BIM (Dilbert, s.f.).....	10
Ilustración 3: Organigrama comunicación agentes BIM (Building Smart, 2013) .....	11
Ilustración 4: Integración BIM (Building Smart, 2013).....	12
Ilustración 5: Vida útil Proyecto (Building Smart, 2013).....	13
Ilustración 6: Sistema de carpetas Estándares BIM (Fuente propia) .....	18
Ilustración 7: Logo Open BIM (Building Smart, 2013).....	19
Ilustración 8: Logo Formato archivos IFC (Forum, s.f.) .....	20
Ilustración 9 (Forum, s.f.) .....	20
Ilustración 10: Trabajo colaborativo BIM (Arqtool, s.f.) .....	22
Ilustración 11: Level of development BIM (TheBIMhub, s.f.) .....	24
Ilustración 12: Ejemplo de niveles de desarrollo (Autodesk, s.f.).....	25
Ilustración 13: Dimensiones BIM (Building Smart, 2013) .....	32
Ilustración 14: Organigrama de la empresa BIM (Fuente propia) .....	40
Ilustración 15: Agentes BIM (Fuente propia).....	41
Ilustración 16: Estructura de carpetas en la empresa BIM (Fuente propia) .....	41
Ilustración 17: Láser escáner y nubes de puntos. Un horizonte aplicado al análisis arqueológico de edificios. Ismael García-Gómez, Miren Fernández de Gorostiza López de Viñaspre y Amaia Mesanza Moraza. ....	44
Ilustración 18: Representación en realidad aumentada de unifamiliar (Realprojection1, s.f.) ...	47
Ilustración 19: Ejemplo de diseño de interiores mediante realidad aumentada (augmentedrealitytrends, s.f.) .....	48

Ilustración 20: Realidad aumentada en el trazado de instalaciones en vial. (Building desing construction, s.f.) .....	49
Ilustración 21: BIM facility management (Credencys, s.f.) .....	50
Ilustración 22: Sistema de tuberías (fuente propia) .....	53
Ilustración 23: Balanza de pros y contras de los escaneados 3D (fuente propia) .....	53
Ilustración 24. Escáner 3D (fuente propia) .....	54
Ilustración 25: Fases Escaneados (Fuente Propia) .....	54
Ilustración 26 : Técnico realizando escaneado (Fuente propia) .....	55
Ilustración 27: Tiempos de escaneado (fuente propia) .....	55
Ilustración 28: Nube de puntos (fuente propia) .....	56
Ilustración 29: Máquina Encajadora modelada en Autodesk Revit (fuente propia) .....	56
Ilustración 30: Modelo en visor web A360 drive (fuente propia) .....	57
Ilustración 31: Proyecto en visor YouBIM .....	58
Ilustración 32: Esquema de mantenimiento BIM (fuente propia) .....	60
Ilustración 33: Comparativa para la búsqueda de incongruencias de proyecto. Modelo, tabla de planificación y mediciones de proyecto. (Fuente propia) .....	64
Ilustración 34: Detección de colisión entre Escalera y tabique en Navisworks (Fuente propia) .....	65
Ilustración 35: Detección de colisión entre instalaciones en Navisworks (Fuente propia) .....	66
Ilustración 36: Detección de colisión entre estructura y tabiquería en Naviswors (Fuente propia) .....	67
Ilustración 37: Detección de colisión entre tabiquería y forjado. (Fuente propia) .....	67
Ilustración 38: Plano de proyecto en formato Cad. dónde se aprecia el espesor de muro. (Fuente propia) .....	68
Ilustración 39: Plano de cerramientos de proyecto. ....	69
Ilustración 40: Texto descriptivo de las diferentes capas que componen el cerramiento. (Fuente propia) .....	69
Ilustración 41: Detalle de las capas que conforman el cerramiento en Autodesk Revit (fuente propia) .....	70
Ilustración 42: Diseño final del cerramiento atendiendo a las especificaciones de proyecto con sus respectivos datos paramétricos a la derecha. (Fuente propia) .....	70
Ilustración 43: Extracto de la memoria de carpintería de proyecto. (Fuente propia) .....	71
Ilustración 44: Descripción de la memoria de carpintería de proyecto. (Fuente propia) .....	72
Ilustración 45: Descripción de la carpintería en el presupuesto de proyecto. (Fuente propia) ..	72

Ilustración 46: Extracto de la memoria de carpintería de proyecto (Fuente propia).....	73
Ilustración 47: Modelo en Revit dónde aparece la tabla de planificación de puertas y remarcados los ejemplares en concreto. (Fuente propia).....	74
Ilustración 48: Memoria de carpintería con Autodesk Revit. (Fuente propia) .....	75
Ilustración 49: Tabla de planificación de muros realizada con Autodesk Revit. (Fuente propia)	76
Ilustración 50: Tabla de planificación de cantidades realizada con Autodesk Revit. (Fuente propia).....	77
Ilustración 51: Relación entre un cerramiento concreto y su ubicación real en el modelo. (Fuente propia) .....	78
Ilustración 52: Exportación de tablas de planificación de Autodesk Revit a formato Excel. (Fuente propia) .....	79
Ilustración 53: Ejemplo de planificación temporal BIM realizada con Autodesk Navisworks.....	80
Ilustración 54: Modelado genérico de fábrica (Fuente propia) .....	81
Ilustración 55: Plano en planta de la sala de producción (Fuente propia).....	82
Ilustración 56: Modelo en vista 3D de la sala de producción a ejecutar (Fuente propia).....	82
Ilustración 57. Detalle de uno de los conjuntos de maquinaria de la sala de producción (Fuente propia).....	83
Ilustración 58: Detalle de uno de los conjuntos de maquinaria de la sala de producción (2) (Fuente propia) .....	83
Ilustración 59: Plano en planta de recorridos de evacuación en Sala producción (Fuente propia).....	84