

IMPACTO DEL BIM EN LA GESTIÓN DEL PROYECTO Y LA OBRA DE ARQUITECTURA

UN PROYECTO CON REVIT



AUTOR: ANDRÉS GUTIÉRREZ AYORA

TUTOR: FRANCISCO JUAN VIDAL

CURSO: 2016-2017

RESUMEN

Tras la crisis y el pinchazo de la burbuja inmobiliaria, se muestra la ineficacia del modelo productivo hasta ese momento por lo que se han buscado nuevos métodos en el sector de la construcción para incrementar la competitividad y la productividad.

En este ámbito surge una nueva metodología, la cual ya ha sido establecida en gran número de países a nivel europeo e internacional en el sector de la arquitectura y construcción. Ésta se conoce como Building Information Modeling (BIM) y ha irrumpido en el mercado con el objetivo de mejorar el sector de la construcción, mostrándose efectiva y como una alternativa que coge cada vez más peso entre los profesionales del sector.

En el presente TFG se investiga sobre qué es y qué mejoras presenta el BIM mediante dos vías, una teórica donde se analizará a fondo la metodología y otra práctica en la que se aplica directamente todo lo analizado en un proyecto en ejecución. En el trabajo se realiza un modelo virtual en Revit de una vivienda situada en Nules para estudiar los problemas que van surgiendo en la obra y las soluciones que con BIM podrían haber ahorrado tiempo y presupuesto. Esta segunda parte se ha complementado realizando un seguimiento con visitas de obra donde se han podido observar de primera mano las modificaciones, problemas y retrasos que podrían haber sido corregidos de una manera más eficiente con la tecnología BIM.

Palabras clave: BIM, Building Information Modeling, gestión de la información, nivel de desarrollo (LOD, level of development), software Revit.

ABSTRACT

After the crisis and the bursting of the real estate bubble, the ineffectiveness of the production model is shown up to that point. Because of this reason, new methods have been sought in the construction sector to increase competitiveness and productivity.

In this area a new methodology emerges, which has already been established in a large number of countries at European and international level in the fields of architecture and construction. This methodology is known as Building Information Modeling (BIM) and has broken into the market with the aim of improving the construction sector. Its effectiveness has made it an alternative that is taking more and more weight among the professionals of the sector.

In the present Final Project Degree is investigated what the BIM is and the improvements it presents by two ways: a theoretical one, where the methodology will be analyzed in depth; and a practical one, in which everything analyzed in a project in execution is directly applied. Therefore, a virtual model of a house located in Nules is made in Revit, and from it have been studied the problems emerging in the work as well as the solutions that BIM could have supposed a saving in time and budget. This second part has been complemented by a site visits following, where it has been possible to observe firsthand the modifications, problems and delays that could have been corrected in a more efficient way with BIM technology.

Key words: BIM, Building Information Modeling, information management, level of development (LOD), software Revit.

ÍNDICE

1. Agradecimientos.....	5	6.1.3. LOD 400.....	23
2. Acrónimos utilizados.....	6	6.1.1. LOD 500.....	23
3. Introducción.....	7	6.2. Gestión de la información.....	24
3.1. Situación actual.....	7	6.2.1. Tablas de planificación.....	24
3.2. Objetivos y metodología empleada	8	6.2.2. Fases y filtros.....	24
3.3. Motivación personal	8	7. Marco empírico.....	25
4. Antecedentes	9	7.1. Información del proyecto	25
4.1. Evolución del sector de la construcción.....	9	7.2. Descripción de la vivienda.....	25
4.2. Características y proceso del producto.....	10	7.3. Documentación inicial	26
4.3. Problemas de la construcción.....	12	7.4. Construcción	27
4.4. Alternativas en el PPC.....	12	7.5. Desarrollo del modelo inicial.....	27
5. El BIM	13	7.5.1. LOD 200.....	28
5.1. BIM: concepto	13	7.5.2. Incoherencias e indefiniciones LOD 200 ..	29
5.2. Especificaciones del BIM.....	15	7.5.3. LOD 300.....	30
5.3. BIM en el mundo	15	7.5.4. Incoherencias e indefiniciones LOD 300 ..	33
5.3.1. Difusión internacional	16	7.5.5. LOD 350.....	34
5.3.2. Difusión nacional.....	16	7.5.6. Gestión de la información.....	37
5.4. Diferencias entre CAD y BIM.....	17	Tablas de planificación.....	37
5.5. Ventajas y limitaciones del BIM.....	18	7.6. Variación del modelo inicial	38
5.6. Dimensiones	21	7.7. Elementos complejos: cubierta.....	40
5.7. Aplicando BIM: Revit	21	7.8. Visitas a obra	42
6. Metodología	22	7.8.1. Fase 1	42
6.1. LOD (niveles de desarrollo).....	22	7.8.2. Fase 2.....	44
6.1.1. LOD 100.....	23	8. Conclusiones.....	52
6.1.2. LOD 200.....	23	9. Índice de figuras.....	54
6.1.1. LOD 300.....	23	10. Referencias bibliográficas	56
6.1.2. LOD 350.....	23		

1. AGRADECIMIENTOS

La realización de este TFG ha sido el resultado de la labor de varios meses de trabajo en las que han intervenido muchas personas de forma directa o indirecta.

En primer lugar, agradecer a mi tutor Francisco Juan Vidal su gran orientación en toda la redacción del TFG, especialmente en el manejo del software Revit, facilitándome la información necesaria y los consejos oportunos que me han servido para mejorar en la metodología BIM.

A Jaime Chiralt, de Chiralt Arquitectos, por toda la documentación del proyecto aportada, por todas las dudas resueltas y por su dedicación en los meses que se ha desarrollado la obra, donde he podido aprender y disfrutar del mundo laboral en la arquitectura.

Finalmente agradecer a mis familiares que han sido un gran apoyo a lo largo de todo el proceso, con su confianza y ánimos que me han servido para llevar adelante tanto este trabajo final de grado como el resto de la carrera.

2. ACRÓNIMOS UTILIZADOS

AIA: American Institute of Architects

BIM: Building Information Modeling

CAD: Computer-Aided Design

DWG: Tipo de formato proveniente de la palabra “Drawing”

ETSA: Escuela Técnica Superior de Arquitectura

EUBIM: Encuentro de Usuarios BIM

FAIA: Fellow of the American Institute of Architects

I+D: Investigación y Desarrollo

IPD: Integrated Project Delivery

LCD: Lean Construction Delivery

LOD: Level of Development

MEP: Mechanical, Electrical & Plumbing

PPC: Proceso Proyecto-Construcción

TFG: Trabajo Fin de Grado

UPV: Universidad Politécnica de Valencia

3. INTRODUCCIÓN

3.1. SITUACIÓN ACTUAL

La evolución y el progreso son virtudes inherentes al ser humano, que permiten la mejora y evitan el estancamiento adaptándonos a cualquier cambio. En la construcción se han producido varias revoluciones a lo largo de los siglos, siendo la tecnología CAD la última de ellas, que permitió elaborar documentos de una forma más rápida y precisa.

Sin embargo, tras la crisis inmobiliaria se ha puesto en manifiesto problemas en el sector de la construcción que se deben mejorar, como son el exceso de gastos, la dificultad de cooperación entre profesionales, las incoherencias en el proyecto y la falta de tiempo.

Para corregir estos defectos, surge como respuesta la metodología BIM, con la idea de centralizar

en una única base de datos toda la información de un edificio pudiendo analizar de antemano las posibles colisiones entre ellos y facilitando la multidisciplinaridad entre profesionales.

El presente Trabajo Final de Grado se centra en la metodología BIM (Building Information Modeling) y en el uso de software informáticos para realizar el modelado de una vivienda unifamiliar situada en Nules. El trabajo ha sido tutelado por Francisco Juan Vidal, profesor de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura y el arquitecto Jaime Chiralt durante las visitas a obra en Nules.

3.2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA EMPLEADA

Mediante el presente Trabajo Final de Grado se pretende conocer y evaluar el impacto de BIM en un proyecto real de arquitectura y conseguir los conocimientos suficientes para poder trasladar estas competencias al mercado laboral en un futuro.

Se desarrollarán los siguientes partes:

- Una teórica que nos explica los conceptos básicos como el conocimiento de la metodología BIM, ventajas e inconvenientes que presenta la implantación del BIM, comparación de la metodología CAD con la metodología BIM
- Una parte empírica, donde se desarrolla un modelo de una obra en ejecución mediante una herramienta BIM, aplicando lo estudiado en la parte práctica. Este proceso se complementará con visitas de obra.

Tras desarrollar el marco teórico y empírico se determinarán las conclusiones extraídas del estudio. La metodología para llevar a cabo los objetivos anteriormente propuestos se realizará dividiendo el trabajo en dos partes, un marco teórico y uno empírico.

3.3. MOTIVACIÓN PERSONAL

Mi interés por el BIM surge en el año 2010 mientras realizaba un grado superior de diseño de interiores en la escuela de diseño Barreira. Durante ese año realizamos varias viviendas con el software de Revit, por lo que pude conocer las ventajas que ofrecía el programa respecto a las herramientas CAD. Una vez entré en la carrera en 2011, fui investigando por mi cuenta y aplicando lo aprendido en la asignatura de proyectos, aunque muchas veces mis conocimientos no eran suficientes para realizar el modelo exacto que pretendía.

El presente TFG surgió como una oportunidad para mejorar, e investigar a fondo aspectos desconocidos del BIM y poder formarme en el uso del software Revit, de forma que pudiese emplearlo de forma definitiva en mis proyectos y así optimizar rendimientos y familiarizarme con el futuro de la construcción.

Otro aspecto importante es como estaba orientado el TFG en cuanto a realizar un seguimiento de una obra con sus correspondientes visitas ya que es algo que hasta el momento no había realizado. Por lo tanto, la experiencia adquirida de ver cómo trabajan y se relacionan los profesionales en la construcción ha sido una de las grandes ventajas que he podido disfrutar este año.

4. ANTECEDENTES

4.1. EVOLUCIÓN DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

Para comprender el contexto en el que se desarrollan las herramientas BIM, hay que realizar un análisis previo del sector de la construcción que nos permitirá identificar las medidas necesarias para superar la situación de crisis presente, debida a dos factores; el pinchazo de la burbuja inmobiliaria que sucedió a finales del 2007 y un estancamiento en el modelo productivo de la construcción. En el contexto presentado aparecen las alternativas como el Building Information Modeling (BIM) que reactivan el sector convirtiéndolo en un ejemplo competitivo y eficiente.

El sector de la construcción ha sido un símbolo de progreso e innovación en las distintas épocas, pudiendo medir el grado de desarrollo de cada sociedad y la fabricación de productos relacionados. La construcción ha evolucionado a lo largo de la historia gracias a las innovaciones tecnológicas y la ciencia. Sin embargo, este desarrollo se ralentiza a partir de la mitad del siglo XX, en

la que los últimos avances se muestran en las Exposiciones Universales, por lo que el sector de la construcción queda a la deriva del progreso, pudiéndose comparar a una industria artesanal a pesar de la evolución en medios, recursos y producción.

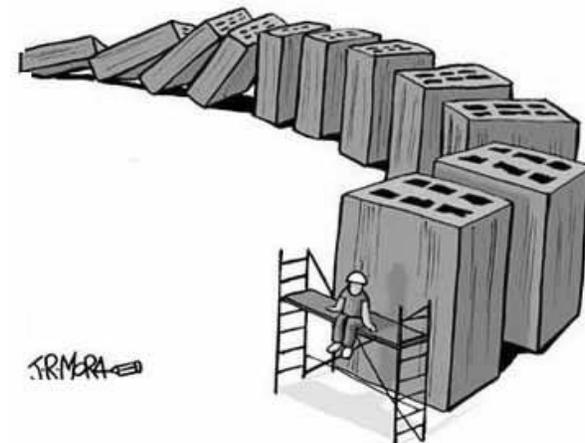


Figura 1.

Caída del sector de la construcción. Fuente:
<https://goo.gl/ZD3oU6>

A pesar de ello, la construcción tiene gran dominio económico, representando aproximadamente el 9% del PIB mundial, y emplea un 7% de la mano de obra de la población activa en el mundo. En los siguientes apartados se comentarán las características tanto del producto final como del proceso productivo, ya que presentan unas particularidades que la diferencian de otros sectores, por lo que no todas las metodologías son válidas. (Horta, 2013)

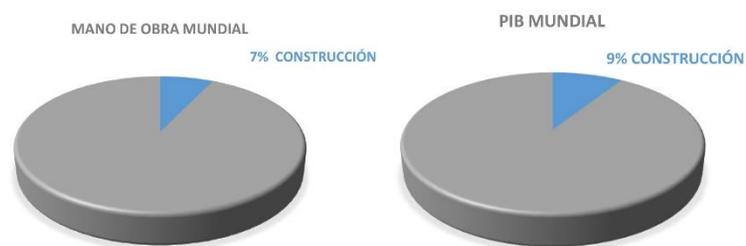


Figura 2. Gráficos construcción. Fuente: elaboración propia

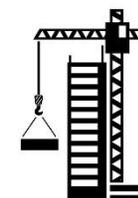
4.2. CARACTERÍSTICAS Y PROCESO DEL PRODUCTO

El edificio es el producto de la construcción y tiene una serie de características que lo diferencian de los demás. Es un producto único y heterogéneo, que no se puede fabricar en serie, por lo que el precio final es muy variable.

Hay una gran diferencia entre el proceso productivo industrial y el proceso productivo de la construcción, siendo un factor fundamental el proceso de montaje, ya que en la construcción debe realizarse in situ. A pesar de estas particularidades, lo que rige el mercado inmobiliario sigue siendo la oferta y la demanda.

Los factores que intervienen en el proceso productivo son:

- I. El **suelo**, que es el componente que más influye en el precio final de la construcción.
- II. El **conocimiento**, es decir, la ausencia de un canal de comunicación global entre los integrantes del proyecto pone de manifiesto las incoherencias y errores derivados de una falta de entendimiento y una falta de actualización de la información.
- III. La **industria** o empresa constructora, que no actúa hasta que el proyecto, con



toda su información y permisos, está acabado. Esto pone de manifiesto de nuevo la falta de comunicación entre las distintas partes intervinientes, lo que se acabará traduciendo en un aumento de costes y plazos de tiempo.

Figura 3. *Suelo, conocimiento e industria.* Fuente: <https://goo.gl/FeUK73>

El proceso constructivo consta de tres fases:

- I. **Fase de construcción**, en la que se pueden aplicar tres modelos



- a. **Diseño-licitación-construcción:** el promotor contrata a los arquitectos, redactan toda la documentación del proyecto y lo ejecuta la constructora que presente la oferta más económica.
- b. **Diseño-construcción:** los proyectistas y la constructora determinan un presupuesto máximo y trabajan de forma conjunta.
- c. **Gestión del PPC en riesgo:** el promotor contrata a la empresa constructora y a los

arquitectos, interviniendo ambos en la fase de elaboración del proyecto.

- II. **Fase de explotación:** una vez terminada la construcción, se entrega el “libro del edificio” a los propietarios, donde se muestran todos los cambios que han surgido durante el proceso.



- III. **Fase de desmantelamiento:** en esta fase se encuentra una dificultad añadida debido a una desorganización o a la inexistencia de documentación acerca de las reparaciones que se dan en la fase de explotación. (Fuentes-Giner, 2014)



Figura 4. *Construcción.* Fuente <https://goo.gl/yyR3ve>

Figura 5. *Explotación.* Fuente <https://goo.gl/TbiPA3>

Figura 6. *Desmantelamiento.* Fuente <https://goo.gl/E7aMeg>

4.3. PROBLEMAS DE LA CONSTRUCCIÓN

En el sector de la construcción predomina la presencia de pequeñas o microempresas, que tienen una política basada en proyectos a corto plazo. Para mantener el flujo de trabajo, las empresas establecen unos márgenes de presupuesto y tiempo muy ajustados, lo que implica que durante la fase de proyecto y construcción surjan contratiempos, retrasos, aumento de los costes iniciales, etc. Además la fragmentación de las labores en las constructoras impide que no se puedan hacer cargo de todo el proceso de la obra de forma global por lo que la gestión, coordinación del trabajo, partición de la información hace que sea una tarea compleja.



Figura 7. *Transferencia de información.* Fuente: <https://goo.gl/cNHp9e>

Por otro lado, el mecanismo de transferencia de información es poco eficiente, ya que la documentación distribuida entre los profesionales suele estar dividida y en formatos 2D, lo que impide tener una visión global del conjunto.

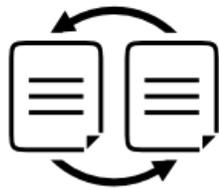


Figura 8. *Gestión del trabajo.* Fuente: <https://goo.gl/58bXJt>

4.4. ALTERNATIVAS EN EL PPC

Para mejorar la baja productividad del proceso proyecto-construcción han surgido nuevas metodologías:

- 1- Project y Construction Management, dirige el proyecto mediante la programación de fases y tareas de forma exhaustiva.
- 2- Lean Construction, enfocada a la mejora del proceso, haciendo partícipes a todos los que intervienen en el proyecto.
- 3- Integrated Project Delivery, promueve la colaboración entre todos los intervinientes de la obra desde el inicio.
- 4- Building Lifecycle Management, se centra en que la información se registre a lo largo de la vida del edificio.

Las cuatro metodologías por separado pueden dirigir un PPC, aunque si se combinan nos da un modelo diferente al tradicional, enfocado a disminuir el grado de incertidumbre y potenciar la colaboración, surgiendo de esta manera el BIM (Fuentes-Giner, 2014).

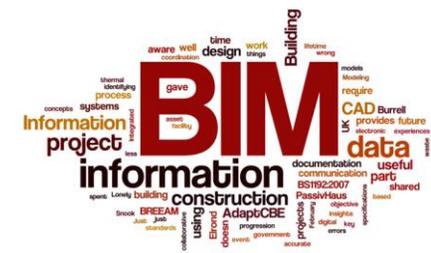


Figura 9. *BIM.* Fuente: <https://goo.gl/dG2HPL>

5. EL BIM

5.1. BIM: CONCEPTO

Actualmente no hay una definición establecida, por lo que para poder entender que es el BIM se citan algunas definiciones de autores más representativos.

Una de las primeras empresas en la aplicación del concepto BIM fue Graphisoft que lo define como:

“Un verdadero modelo BIM consiste en los equivalentes virtuales de los elementos constructivos y piezas que se utilizan para construir el edificio. Estos elementos tienen todas las características -físicas y lógicas- de sus componentes reales. Estos elementos inteligentes son el prototipo digital de los elementos físicos del edificio, como son los muros, pilares, ventanas, puertas, escaleras, etc. que nos permiten simular el edificio y entender su comportamiento en un entorno virtual antes de que se inicie su construcción real”. (Graphisoft, 2015)

Según Autodesk:

“El modelado de información para la edificación (BIM) es un método innovador para facilitar la comunicación entre los sectores de la arquitectura, la ingeniería y la construcción. Con BIM, arquitectos e ingenieros generan e intercambian información de manera eficiente, crean representaciones digitales de todas las fases del proceso de construcción y simulan el rendimiento en la vida real, lo que perfecciona el flujo de trabajo, aumenta la productividad y mejora la calidad”. (Jiménez, 2015)

Jerry Laiserin establece:

“Bim, o el modelo del edificio basado en datos, es un proceso de representación que crea ‘vistas’ unidimensionales, con gran cantidad de datos disponibles, para todas las fases del proyecto y su construcción. Este método repercute muy positivamente en la comunicación, la colaboración, la simulación y la optimización” (Laiserin, s.f.)

Eloi Coloma Picó en Introducción a la tecnología BIM lo define como:

“BIM es el acrónimo de Building Information Modeling (modelado de la información del edificio) y se refiere al conjunto de metodologías de trabajo y herramientas caracterizado por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua; empleando una o más bases de datos compatibles que contengan toda la información en lo referente al edificio que se pretende diseñar, construir o usar. Esta información puede ser de tipo formal, pero también puede referirse a aspectos como los materiales empleados y sus calidades físicas, los usos de cada espacio, la eficiencia energética de los cerramientos, etc.” (Coloma-Picó, 2008)

Siendo ésta la definición más acertada después de comparar toda la documentación sobre BIM utilizada. Sin embargo, teniendo en cuenta esta definición no hay que confundir el BIM con:

- Un modelo virtual que permite una visualización en 3D, sin información. Como se ha comprobado anteriormente, el BIM es un proceso de generación y gestión de la información durante el ciclo de vida del edificio (antes, durante y después de la construcción).

- No es la evolución del CAD. Aunque a partir del CAD se pueden crear modelos volumétricos a los que se le añaden datos, no posee las características del BIM.
- No es un software. Para llevar a cabo la metodología se utilizan softwares como Revit, pero éste es una herramienta informática, no el proceso en sí.

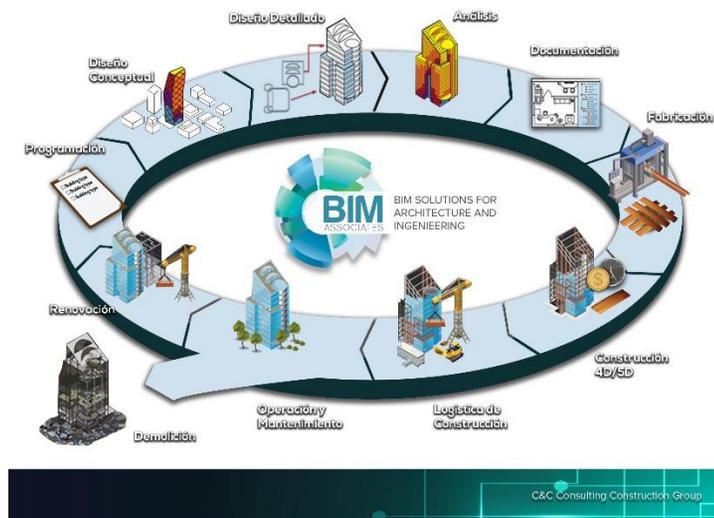


Figura 10. El proceso BIM. Extraído de: <https://goo.gl/4b3Bts>

5.2. ESPECIFICACIONES DEL BIM

Las características principales del BIM son:

- Contenedor único. La información está guardada en un modelo único tridimensional que incorpora todos los datos del proyecto, siendo accesible a todos los agentes que intervienen en el proceso constructivo.
- La información es bidireccional. La información se puede extraer del contenedor, gestionar los nuevos datos y volver a incorporarla al modelo para comprobar la validez de los elementos modificados. Gracias a la bidireccionalidad, la información es multidisciplinar, pudiendo compartir la información con el fin de englobar todos los aspectos del modelo, como programación, diseño, etc.
- Diseño paramétrico. El diseño paramétrico de los elementos permite la coordinación y gestión de cambios del software. Los objetos paramétrico permite mayor rapidez y control sobre el modelado, ya que al realizar un cambio se actualiza en todas las vistas del proyecto.



Figura 11. *EL BIM.* Fuente: <https://goo.gl/72hcru>

5.3. BIM EN EL MUNDO

La implantación del BIM es un proceso complicado, debido a la complejidad tecnológica y al propio sector de la construcción, que le cuesta adaptar nuevos procesos para la gestión. Esto es debido en gran parte a la atomización, al procesamiento de gran cantidad de información y al uso extendido que tienen herramientas como el CAD.

5.3.1. DIFUSIÓN INTERNACIONAL

Actualmente existen países que lideran la implantación del BIM en el mundo, como Estados Unidos, Canadá, Irán, China, Finlandia, Corea del Sur o Singapur.

IMPLANTACIÓN DEL BIM EN EL MUNDO



Figura 12. Mapa BIM. Fuente: <https://goo.gl/T55UL8>

En EEUU, el uso de la metodología BIM se realiza en los proyectos gubernamentales desde 2007. El Institute for BIM de Canadá lidera el uso coordinado de BIM en lo referente a diseño, construcción y gestión en dicho país. Tanto en Corea del Sur como en Singapur, los proyectos públicos deben realizarse en BIM.

En Europa, los países escandinavos lideran el uso del BIM desde 2007, cuando se exigió archivos IFC a cualquier profesional que entregase proyectos de

ejecución. En el área del centro y este de Europa (Alemania, Reino Unido o Francia) se está empezando a implantar de una manera activa. Sin embargo en el sur de Europa su implantación va por detrás del resto, siendo solamente por iniciativa privada.

5.3.2. DIFUSIÓN NACIONAL

El uso de la metodología BIM en España es casi inexistente, aunque en los últimos tiempos se está viendo un cierto avance en el sector de la construcción respecto al BIM, siendo las comunidades más desarrolladas y avanzadas en este sentido son la Comunidad Valenciana, Barcelona y Madrid.

Según una encuesta del Consejo Superior de Colegio de Arquitectos de España (CSCAE) en 2016 a más de 3.700 profesionales del sector, el nivel de implantación del BIM es bajo, ya que no se utiliza en cerca del 60% de los estudios. Sin embargo, todo apunta a que la implantación aumentará progresivamente ya que, aunque sólo un 14% lo usa en la totalidad de los proyectos, más de un 27% utiliza la metodología BIM en alguno de los trabajos. (CSCAE, 2016)

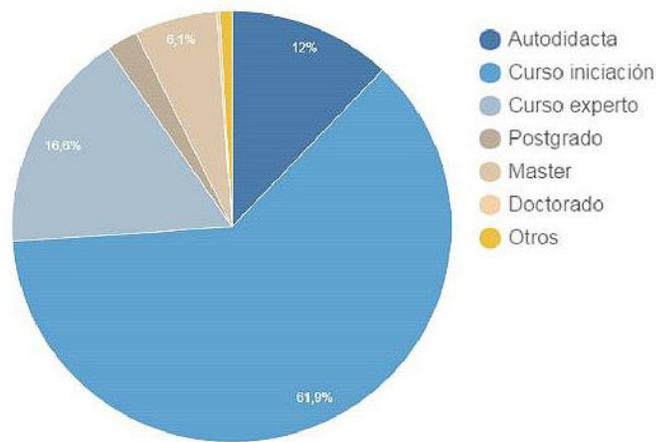


Figura 13. Implantación de sistemas BIM. Extraído de: <https://goo.gl/3iHRDY>

5.4. DIFERENCIAS ENTRE CAD Y BIM

Con la metodología BIM el cambio es significativo, ya que se imita el proceso real de construcción, creando un edificio virtual que contienen información propia en lugar de dibujar líneas en 2D. Además, los elementos constructivos interactúan con otros elementos del proyecto resolviendo su unión y como todos los datos están almacenados en el modelo, los cambios que se realicen se aplicarán de forma automática en todos los dibujos generados del modelo.

CONCEPTO	CAD	BIM
<i>Dibujo</i>	Entidades geométricas: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Líneas ▪ Círculos ▪ Polígonos ▪ Sólidos ▪ Superficies 	Elementos constructivos con propiedades: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Muros ▪ Puertas/ventanas ▪ Pilares ▪ Cubiertas
<i>Relación plantas, alzados, modelo 3D</i>	Son independientes. Hay que realizar cambios por separado: <ul style="list-style-type: none"> ▪ En el mismo archivo ▪ Distintos archivos 	Existe un único modelo del que se extraen representaciones. Cualquier cambio en el modelo, cambia las representaciones.
<i>Datos asociados</i>	Bloques con atributos (poco utilizados, tienen limitaciones)	<ul style="list-style-type: none"> • Propiedades de los elementos (precios unitarios, materiales, gravedad...) • Calculados (superficies) • Propiedades de planos
<i>Informes</i>	Calcular datos y exportarlos a otros software (Excel)	Generados automáticamente y vinculados (pueden cambiarse datos en informe o en modelo)
<i>Trabajo en grupo</i>	No hay. Soluciones improvisadas: un archivo, una persona y relacionar el archivo con xRef.	Métodos cambian según la aplicación: <ul style="list-style-type: none"> • Posibilidad de trabajar en zonas/capas concretas

Figura 14. Comparación CAD/BIM. Fuente: <https://goo.gl/RELNqy>

En la gráfica de Patrick MacLeamy muestra en su eje de abscisas la variable tiempo enfocado a las diferentes fases del proyecto mientras que en el eje de coordenadas refleja el esfuerzo y el impacto de un cambio en el proyecto.

Por lo tanto, con la tecnología BIM, al concentrar el esfuerzo en la fase de diseño y dejar prácticamente definido el proyecto, se detectan y resuelven los inconvenientes que evitan el encarecimiento durante la construcción. Sin embargo, como con el método tradicional no se pueden detectar los errores de la misma forma y rapidez que con BIM, los cambios en el diseño se producen a lo largo de la fase de construcción, por lo que el coste aumentará significativamente.

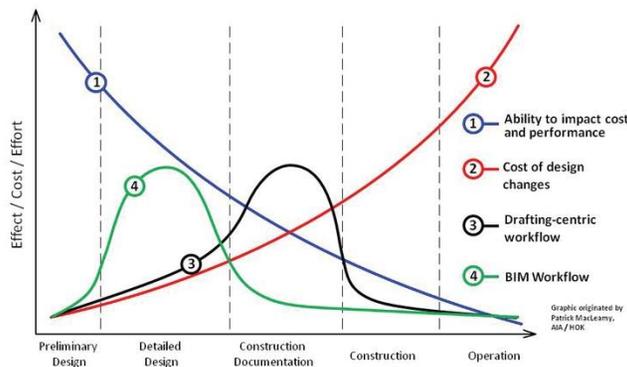


Figura 15. Gráfica de Patrick MacLeamy. Fuente:

<https://goo.gl/U9u87W>

5.5. VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL BIM

La importancia del proceso BIM radica en las ventajas que ofrece en el PPC para todos los agentes intervinientes. Para comprenderlas mejor se va a dividir los beneficios en cuatro grupos; **beneficios** durante la fase previa al PPC, durante la fase de diseño, durante la fase de ejecución y en la fase de explotación (Fuentes-Giner, 2014).

- Ventajas durante la fase previa el PPC

- Permite determinar con antelación la viabilidad del proyecto al promotor, otorgando una cierta seguridad en la fase inicial de la iniciativa inmobiliaria.
- Se pueden evaluar aspectos como el rendimiento energético o sostenibilidad del proyecto a edades tempranas, comprobando que cumple los requisitos establecidos.

- Ventajas durante la fase de diseño

- Se genera una visualización 3D del modelo, del cual se pueden obtener vistas en 2D, así como visualizar las diferentes etapas del proyecto.

- Existe una coherencia y corrección de la información entre vistas tras realizar cambios en el proyecto, por lo que no es necesario ir actualizando las vistas durante la etapa de elaboración del proyecto.
 - La colaboración entre disciplinas se puede llevar a cabo a edades tempranas, lo que acorta el tiempo para definir aspectos del proyecto.
 - Posibilidad de calcular presupuestos durante cualquier etapa de desarrollo del modelo, mejorando la toma de decisiones en los ajustes a realizar.
 - Se pueden vincular herramientas que evalúan la eficiencia energética y sostenibilidad de la propuesta, cosa que en la metodología tradicional en 2D no se puede realizar hasta que el edificio no está prácticamente definido.
- **Ventajas en la fase de construcción**
- Se puede utilizar el modelo BIM para fabricar elementos mediante industrialización, de forma que agiliza procesos que con el modelo tradicional requieren más tiempo.
- La respuesta a los cambios durante la fase del proyecto se realizan de una forma más rápida, ya que el modelo se actualiza automáticamente.
 - Las incoherencias y errores en el diseño se detectan y eliminan de forma automática, permitiendo una reacción a los problemas más rápida.
 - Permite una mejor aplicación de las técnicas Lean Construction, garantizando que el trabajo se realice cuando los recursos se encuentren en su sitio y sean suficientes.
- **Ventajas durante la fase de explotación**
- Se mejora la puesta en servicio y entrega de la información de la instalación, ya que toda la información acerca de los materiales instalados se relaciona con el modelo del edificio.
 - Favorece una gestión eficiente y explotación del edificio.
 - Hay una integración del funcionamiento de la instalación y de los sistemas de gestión, debido a que el programa proporciona información para una gestión útil del edificio.

Sin embargo, pese a todos los beneficios que presenta la metodología BIM hay una serie de **limitaciones** que ralentizan su uso dentro del sector. Éstas son:

- El coste del software y del hardware. Los programas que utilizan la tecnología BIM requieren equipos más potentes en comparación con los programas de dibujo 2D
- Se requiere una formación a la que hay que destinar tiempo y un importante gasto económico.
- La falta de desarrollo de los programas genera muchas incompatibilidades entre programas, por lo que interoperabilidad en algunos casos es difícil y obliga a utilizar un software distinto.
- El cambio de mentalidad inherente a esta metodología. Se requiere un cambio en la filosofía y forma de trabajar, dejando atrás viejas costumbres y aprendiendo nuevas herramientas.

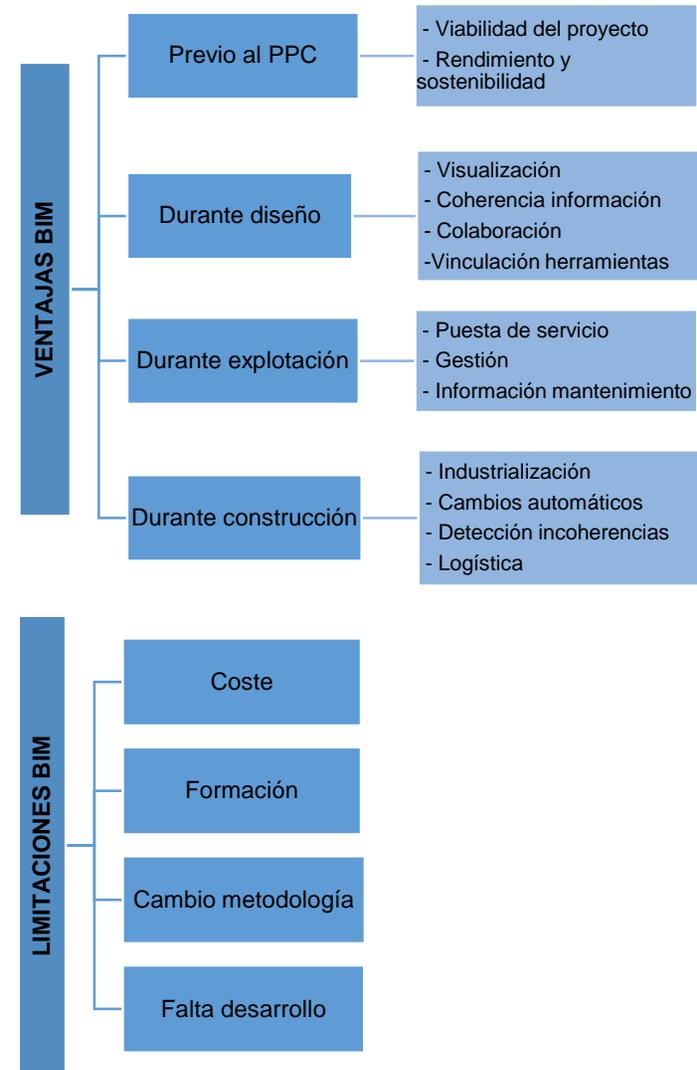


Figura 16. Resumen ventajas limitaciones BIM. Fuente: *Elaboración propia.*

5.6. DIMENSIONES

Los software que manejan BIM elaboran un modelo tridimensional al que se le pueden añadir otras dimensiones que van aportando mayor valor e información al producto final.



Figura 17. Dimensiones BIM. Fuente <https://goo.gl/3de3Pv>

- **4D:** Tiempo. Planifica la secuencia constructiva, pudiendo prever problemas durante las etapas.
- **5D:** Costes. Al hacer una estimación y organización de los costes se reduce el presupuesto inicial.
- **6D:** Análisis del consumo energético. Mejorar el rendimiento y la sostenibilidad antes de empezar la construcción.
- **7D:** Mantenimiento. Facilita las obras necesarias durante la vida útil del inmueble y así optimizar la logística del edificio hasta su demolición.

5.7. APLICANDO BIM: REVIT

Para aplicar la metodología BIM hay varios software informáticos que podemos usar, entre los que están Revit, Archicad, Allplan y Tekla. Revit es uno de los software más empleados y conocidos para trabajar en BIM, por lo que la práctica del TFG la realizaremos con esta herramienta.

Se trata de un programa de dibujo asistido por ordenador que usa un archivo único que contiene toda la información del proyecto, permitiendo diseñar elementos paramétricos basados en objetos en tres dimensiones e inteligentes. Contiene un motor de cambios paramétricos, que permite que cualquier modificación se materialice en un cambio en todas las vistas simultáneamente sin que el usuario tenga que actualizarlo manualmente. Dentro de Revit se integran Revit Architecture, Revit Structure y Revit MEP (instalaciones), que permiten profundizar más en cada campo.



Figura 18. Fuente: Autodesk. Extraído de <https://goo.gl/U9cXuu>

6. METODOLOGÍA

6.1. LOD (NIVELES DE DESARROLLO)

Tras el análisis realizado, desarrollaremos la metodología a través de la cual podemos definir las diferentes etapas del proceso constructivo. Por lo tanto, previo a la creación del modelo, se establecen una serie de niveles de desarrollo adecuados para cada estado del proyecto.

El nivel de desarrollo valora la información del modelo BIM, no debiendo confundirse con nivel de detalle, que es la cantidad de información que se establece con el modelo virtual.

El nivel de desarrollo es una representación que permite a los profesionales del sector de la construcción entender con claridad la información del proyecto durante una determinada etapa de diseño.

El LOD surge como solución a problemas como el intercambio o la extracción de información en un archivo, ya que se puede malinterpretar la valoración de la información

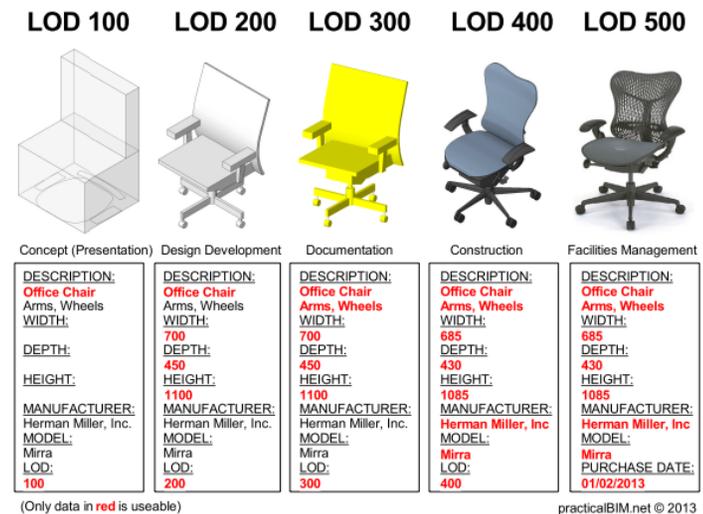


Figura 19. Fuente: PracticalBIM (2013) Modificado por el alumno. Extraído de: <https://goo.gl/pnggNK>

La AIA establece los siguientes niveles de desarrollo y los requisitos específicos de cada uno de ellos.

6.1.1. LOD 100

Consiste en un diseño a nivel conceptual del edificio, que proporciona información sobre volumen, área, localización y orientación. A este nivel es posible determinar costes del modelo basado en al área o el volumen.

6.1.2. LOD 200

Este nivel aporta una visión genérica de los elementos se modelan como sistemas generalizados o conjuntos con cantidades aproximadas, tamaño, forma, ubicación y orientación. Se puede complementar con información no geométrica. El uso de la información es parecido al LOD 100, con la diferencia de que en esta etapa se puede realizar una división de los capítulos más significativos que componen el edificio durante la programación temporal.

6.1.1. LOD 300

Contiene información y geometría precisa a falta de algún detalle constructivo. Permite obtener la documentación necesaria que compone un proyecto, justificación técnica, presupuestos y programación por unidades de obra.

6.1.2. LOD 350

Es un nivel intermedio entre el LOD 300 y LOD 400, que aporta información de los elementos que componen el modelo de una forma más específica. Es un nivel añadido recientemente por la AIA, en el que el nivel de desarrollo permite la coordinación entre disciplinas.

6.1.3. LOD 400

Este nivel contiene el detalle necesario para la ejecución del edificio. Los elementos muestran información precisa de fabricación, forma, localización, cantidad y orientación. Con la información presente en este LOD, se puede realizar un presupuesto y programación temporal más ajustada a la realidad.

6.1.1. LOD 500

Es el último nivel de detalle y constituye el proyecto ya construido. Consta de elementos construidos reales que aportan información suficiente para el mantenimiento del edificio durante su explotación como forma, localización, cantidad y orientación, garantías, proveedores, etc.

6.2. GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN

6.2.1. TABLAS DE PLANIFICACIÓN

Las tablas son una herramienta que resulta útil para filtrar, agrupar la información, con el objetivo de llevar un mejor control sobre el proyecto.

Las tablas contienen información paramétrica, lo que significa que los datos de las tablas se actualizan con los cambios realizados en el modelo.

Se pueden realizar tablas de planificación de áreas, superficie construida, volúmenes o de ventanas y puertas, con el objetivo de controlar las dimensiones y tipología de cada una de ellas. A través de esta herramienta se pueden realizar mediciones y presupuestos mediante el área construida.

<Tabla de planificación de plataformas de construcción>		
A	B	C
Volumen	Área	Coefficiente de transferencia de calor
88.92 m ³	148.20 m ²	1.7433 W/(m ² ·K)

Figura 20. *Tabla planificación solera. Fuente: Elaboración propia.*

6.2.2. FASES Y FILTROS

Las fases son un conjunto de actividades que forman parte de una obra. Las fases dividen un proyecto en las etapas que tendrá la obra en su ejecución, llevando un mejor control de cada una.

La ventaja que ofrecen las fases en comparación con programas CAD es que éstos dibujan superponiendo líneas, de forma que cuando se quiere aislar una parte se han de desactivar capas. Con la tecnología BIM se lleva a un nivel superior, donde se puede avanzar y retroceder en el tiempo según el número de fases, estableciendo una cronología de la construcción.

Además, los filtros de fase ayudan a visualizar los elementos según nos interese resaltar uno más o menos.



Figura 21. *Fases: Excavación, cimentación, estructura y cubierta. Fuente: Elaboración propia.*

7. MARCO EMPÍRICO

A continuación se va a explicar el proceso práctico para realizar un proyecto aplicando la tecnología BIM y desarrollado mediante el software Revit de Autodesk.

7.1. INFORMACIÓN DEL PROYECTO

La documentación del proyecto fue aportada por el arquitecto Jaime Chiralt a través del tutor Francisco Juan Vidal. La información consistía en un documento de CAD en el que estaban detallados, alzados, plantas, secciones, ubicación, e instalaciones. En el estudio de Chiralt Arquitectos, pese a conocer el programa Revit, no trabajan con él debido a que no tienen conocimientos del software, sin embargo están interesados en incorporarlo a futuros proyectos por la exactitud, información, rapidez de desarrollo e interoperabilidad que ofrece.

7.2. DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA

Se trata de una vivienda unifamiliar situada en Nules, a 42 kilómetros de Valencia. El solar tiene una superficie total de 1.614,3 m², flanqueado por la Avinguda

Jaume I al norte, el Carrer Enric Valor al sur, la Calle Luis Lucía al este y el Carrer Barranquetes al oeste. Sin embargo, el solar pertenece a dos dueños, y el propietario del edificio que nos atañe posee la parcela ubicada al suroeste, con una superficie total de 400 m².



Figura 22. *Ubicación. Fuente: Google Maps.*

Figura 23. *División solar. Fuente: Elaboración propia*

La vivienda se desarrolla en una única planta, con un juego de cubiertas inclinadas que van creando quiebros, originando en el interior espacios de diferente altura según la estancia. El programa de la vivienda consta de salón-comedor, cocina, galería, 3 dormitorios, 2 baños y el dormitorio principal.

El esquema compositivo es mediante agrupaciones de zona sirviente - zona servida y zonas de día-zonas de noche. En el lado sur se ubican las habitaciones y el gran salón comedor con cocina incorporada, mientras que en el lado norte se encuentra la galería, y los baños. Este esquema está apoyado por las formas que crean la cubierta, con planos y alturas diferentes, lo que potencia la individualidad de los espacios. Para limitar la incidencia del sol en el salón y dormitorios, la cubierta forma unos voladizos sobre este lado que reduciendo el impacto solar y crean una terraza cubierta que se vincula al salón comedor.



Figura 24. Zonificación vivienda. Fuente: Elaboración propia.

7.3. DOCUMENTACIÓN INICIAL

En la documentación aportada por Jaime Chiralt se encontraba la ubicación, planta baja, cubierta, alzados, secciones e instalaciones, que nos daban una información clara sobre la composición y volumetría de la vivienda. Si hablásemos en términos de BIM, el nivel de desarrollo de los planos se correspondería con un LOD 200, ya que no había soluciones constructivas en cerramientos, cubiertas, etc. Además de la información gráfica, contábamos con las limitaciones del PGOU de Nules, donde nos indicaban el coeficiente de ocupación, límites a lindes, etc. lo que da una idea de modelo admisible dentro de la parcela.

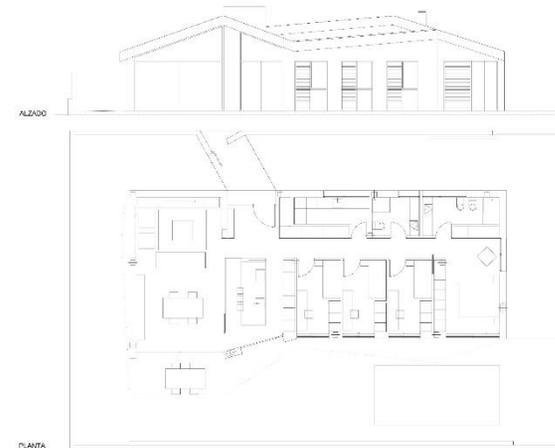


Figura 25. Planta y alzado. Fuente: Documentación Chiralt Arquitectos

7.4. CONSTRUCCIÓN

La vivienda tiene una estructura compuesta mediante una cimentación de losa, pilares y cubierta de hormigón armado in situ. La envolvente se compone de ladrillo de termoarcilla, aislante térmico, ladrillo hueco del 7 y el revestimiento exterior.

Las particiones interiores se realizan mediante ladrillo hueco del 9 y con un enlucido de yeso excepto en las paredes de baños y galerías, donde se reviste con un gres. Los suelos de las zonas húmedas están compuestos por baldosas de gres con un acabado de mármol vetado, mientras que el resto de la vivienda se reviste con un gres con acabado de madera.

El acabado perimetral exterior se realiza mediante un porcelánico para exteriores blanco, de dimensiones 50 x 100, que reviste tanto el muro como la cubierta. Este es uno de los aspectos fundamentales en el diseño del edificio, ya que desde el exterior se aprecia como un el mismo material recubre todo el volumen.

7.5. DESARROLLO DEL MODELO INICIAL

Hay dos formas de abordar un proyecto en Revit, utilizar el programa desde el origen o elaborar una documentación básica en otros programas de diseño y a continuación pasarlo a la herramienta BIM.

En nuestro caso, como el proyecto no hay que elaborarlo desde cero, sino que existe una documentación facilitada por el arquitecto, se ha vinculado el archivo de CAD a la herramienta Revit para realizar el modelado.

Para empezar hemos creado los niveles que forman el proyecto. Como la cubierta tiene diferentes alturas de cumbrera se ha creado el punto más elevado y el más bajo de la cubierta, y la cota de la piscina.

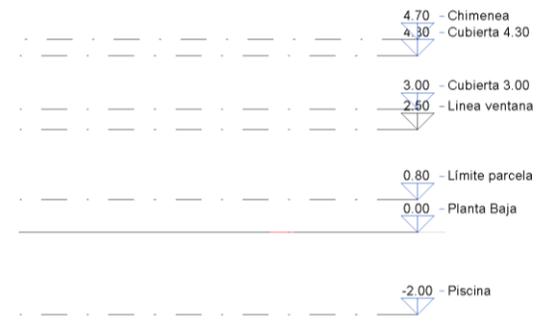


Figura 26. Niveles del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

En cada nivel establecido se genera una vista de planta, por lo que se vinculará el plano en cada uno de los

niveles creados con el objetivo de que sea más preciso el modelado. A continuación se ha trazado una rejilla que ayudará a que el replanteo de muros y pilares sea más rápido.

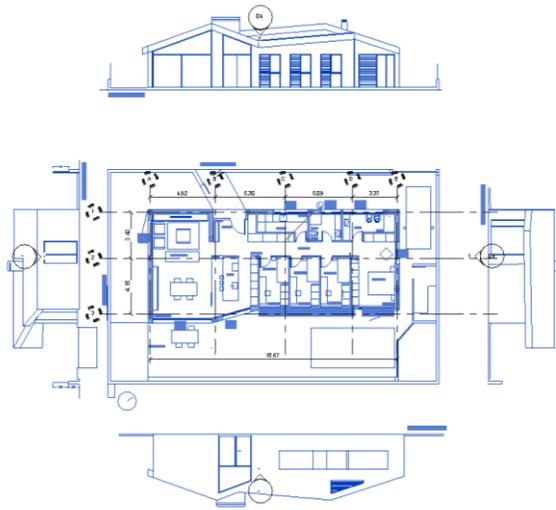


Figura 27. *Rejillas y plano vinculado. Fuente: Elaboración propia*

A partir de este momento se aprecian ciertos aspectos de la metodología BIM que hemos comentado con anterioridad, como es la forma de trabajar con elementos ya definidos tridimensionales en lugar de líneas.

7.5.1. LOD 200

En una primera fase, como teníamos la documentación aportada por el arquitecto, se empezó dibujando en un LOD 200, con muros, cubierta y pilares por defecto sin determinar el material. Esta fase nos aporta información general sobre el volumen, geometría y una primera aproximación de medición de superficies.

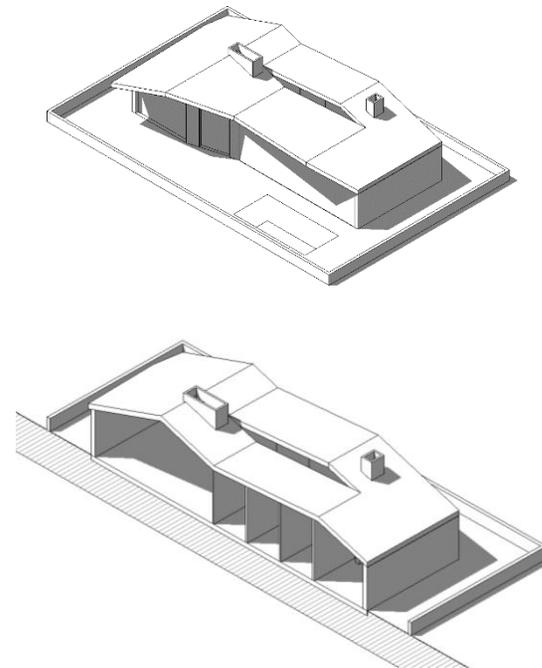


Figura 28. *Axonometría general y axonometría seccionada LOD 200. Fuente: Elaboración propia.*

Los muros y pilares se resolvieron de forma genérica, con la salvedad de que la cubierta formaba inclinaciones, por lo que había que enlazar los dos elementos para que el muro llegase hasta arriba. Sin embargo un muro tuvo que resolverse mediante componentes in situ para adaptarse a la geometría del plano.

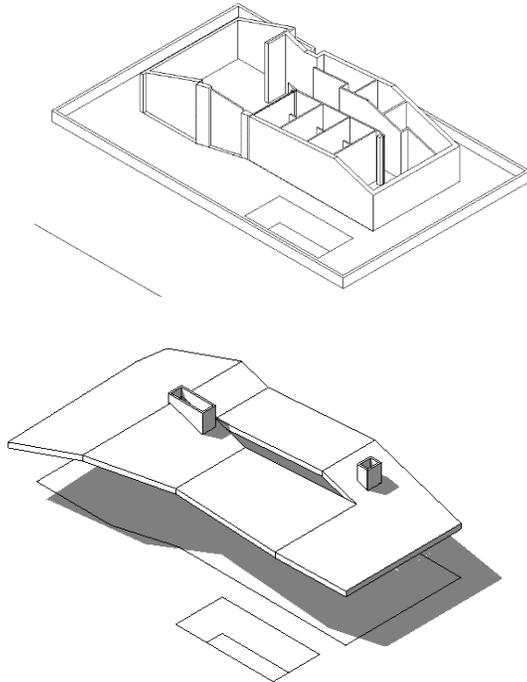


Figura 29. *Elaboración de muros y cubierta en LOD 100.*

Fuente: Elaboración propia.

7.5.2. INCOHERENCIAS E INDEFINICIONES

LOD 200

En este primer nivel de desarrollo se han encontrado incoherencias geométricas en el dibujo realizado en CAD, concretamente en la cubierta, lo que ha supuesto un retraso a la hora de modelar y comprobar que las cumbreras de la planta de cubierta y alzados no coincidían.

En la primera lectura de los planos se detectaron algunos errores en la valoración de líneas, los cuales son fáciles que ocurran con las herramientas CAD. Las herramientas CAD no tienen ningún tipo de información adscrita al dibujo, por lo que cada línea dibujada hay que asignarle unas características adecuadas según lo que deban representar. Esto ha resultado un inconveniente a la hora de entender el proyecto y el juego de cubiertas viendo los alzados y plantas, ya que la inexistencia de una axonometría y la escasa valoración de línea no ayudaban a una comprensión inmediata.

7.5.3. LOD 300

Una vez acabado el modelo se ha pasado a un LOD 300 en el que se ha definido con detalle las capas de cada elemento constructivo, asignándole materiales y espesores adecuados. La losa y los pilares, al ser de hormigón, se han dejado por defecto los de Revit que ya son de este material.

En el cerramiento, se ha duplicado el muro tipo para crear el detalle que incluye desde interior a exterior: enlucido de yeso, ladrillo termoarcilla, perfiles de acero galvanizado, panel Sate con aislamiento, acabado superficial de porcelánico. Se puede comprobar la evolución que supone cambiar de un LOD 200 a un LOD 300, tanto en la variación del espesor total del muro o la materialidad del mismo. Para representar los montantes a los que se adosaba el Sate, se ha cargado una familia de montante y se ha insertado un componente de detalle repetido cada metro.

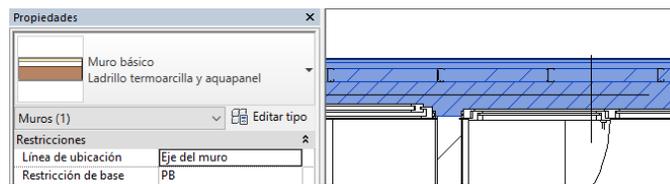


Figura 30. Cerramiento exterior. Fuente: Elaboración propia.

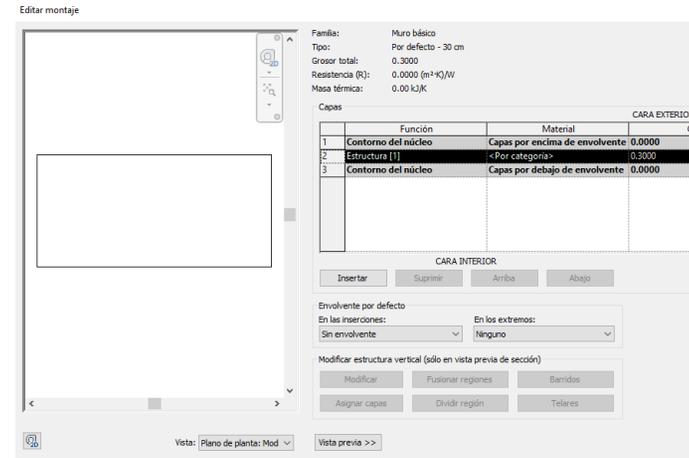


Figura 31. Muro LOD 200. Fuente: Elaboración propia

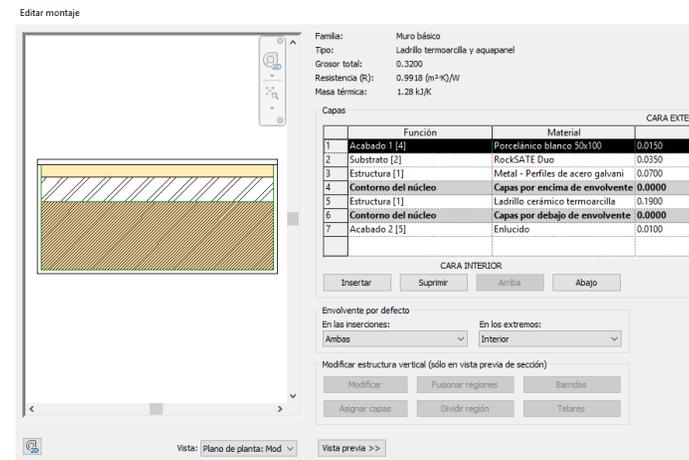


Figura 32. Muro LOD 300. Fuente: Elaboración propia

Los elementos más irregulares del cerramiento que requerían una geometría especial no se han podido realizar mediante la herramienta muro, por lo que se han obtenido mediante componentes modelados in situ, haciendo cada una de las capas y dándoles el material correspondiente para formar el mismo cerramiento que el muro.

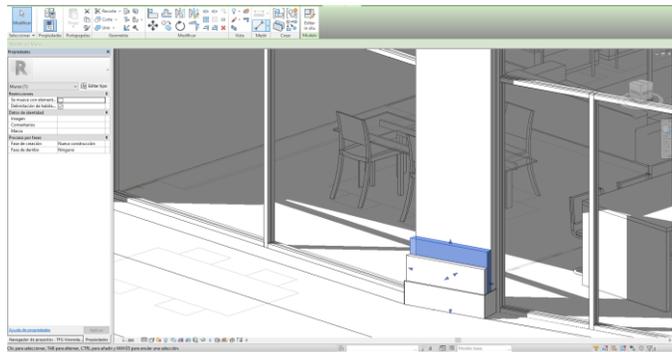
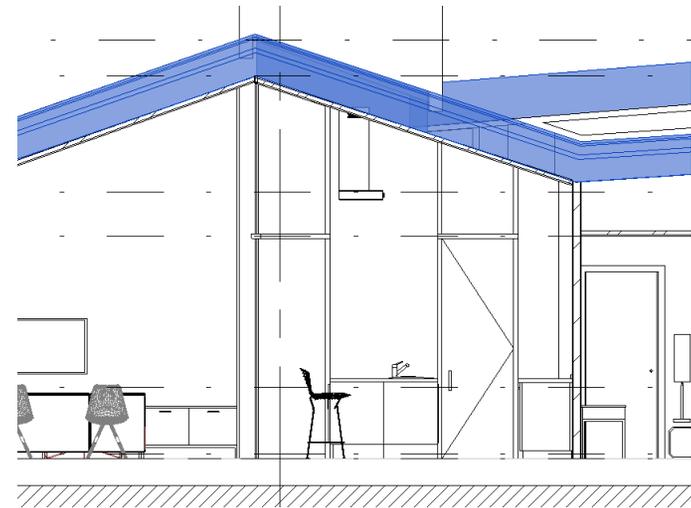


Figura 33. *Componente in situ. Fuente: Elaboración propia.*

Las capas que forman la cubierta son una base de hormigón, mortero de formación de pendientes, 2 capas de aislamiento térmico XPS, lámina impermeabilizante, una capa separadora y el acabado superficial de porcelánico.



Familia: Cubierta básica
 Tipo: Cubierta proyecto inicial
 Grosor total: 0.4520 (Por defecto)
 Resistencia (R): 0.2390 (m²·K)/W
 Masa térmica: 35.10 kJ/K

Capas			
	Función	Material	Gros
1	Acabado 1 [4]	Porcelánico blanco	0.0290
2	Substrato [2]	Mortero de hormigón	0.0200
3	Contorno del núcleo	Capas por encima de envolvente	0.0000
4	Capa térmica/de aire [3]	Aislamiento térmico	0.1000
5	Capa membrana	Cubiertas, Membrana EPDM	0.0000
6	Substrato [2]	Mortero formación de pendiente	0.0500
7	Estructura [1]	Hormigón	0.2500
8	Acabado 2 [5]	Enlucido - Blanco	0.0030
9	Contorno del núcleo	Capas por debajo de envolvente	0.0000

<

Insertar Suprimir Arriba Abajo

Figura 34. *Capas cubierta. Fuente: Elaboración propia.*

Las ventanas tienen una relevancia importante en el proyecto. Como tenían un diseño especial, se han creado unas ventanas paramétricas con la forma definida en los alzados: un vidrio fijo en la parte inferior de un metro de altura y una ventana de dos hojas que llega hasta los dos metros y medio.

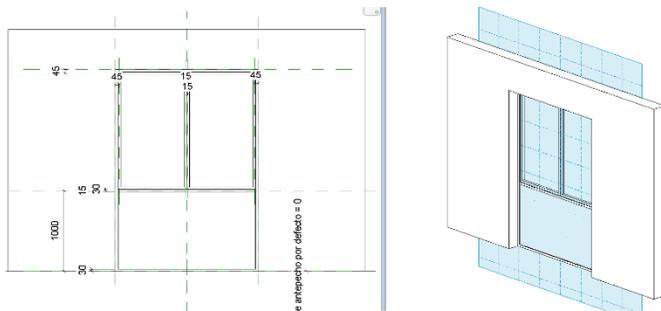


Figura 35. Ventanas paramétricas. Fuente: Elaboración propia.

Una vez finalizados los cerramientos y cubiertas se introdujo el falso techo y los pavimentos.

El falso techo ha sido un elemento complicado de modelar debido a los planos inclinados de la cubierta. Como en las zonas húmedas y de las habitaciones, la altura de la estancia es de 2,5 metros, se ha elaborado un falso techo plano con la herramienta de techos.

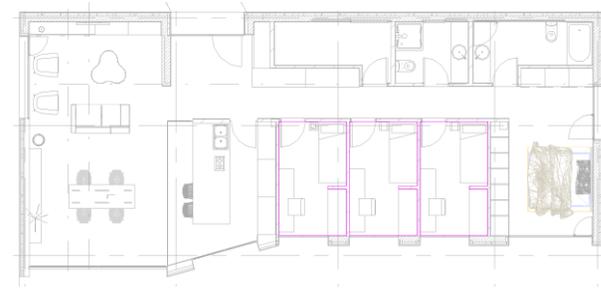


Figura 36. Falso techo en habitaciones y zonas húmedas. Fuente: Elaboración propia.

En los planos inclinados, el plénum entre la cubierta y el falso techo es de pocos centímetros y se mantiene perfectamente paralelo al plano inferior de ésta, por lo que para continuar la misma forma inclinada se le ha añadido un desfase en altura del extremo inicial, lo que nos da la pendiente deseada. Cada plano se ha modelado de forma independiente y luego ajustado su altura de forma manual.

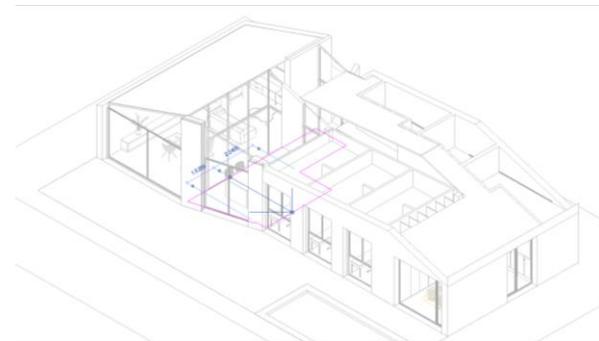


Figura 37. Falso techo. Fuente: Elaboración propia.

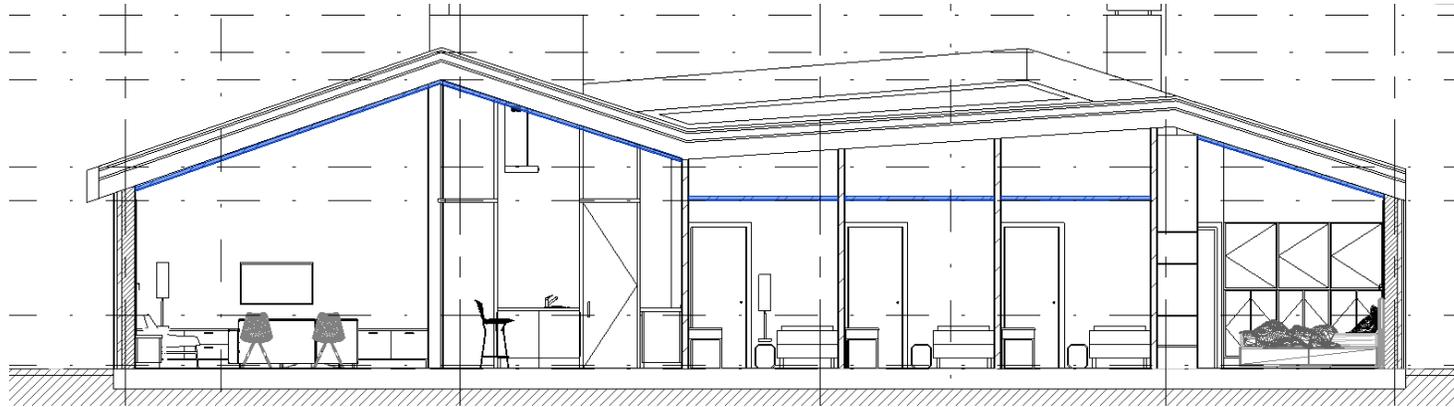


Figura 38. Sección falso techo. Fuente: Elaboración propia.

7.5.4. INCOHERENCIAS E INDEFINICIONES

LOD 300

En este nivel, lo más llamativo que se puede resaltar es el cambio de tipo de cerramiento del inicialmente propuesto al que realmente se ha construido, lo que ha implicado un aumento en el perímetro de la solera una vez estaba realizada. En el modelo en CAD, al no estar definido el detalle de los elementos que componen el cerramiento ha complicado y retrasado la toma de decisiones en la obra.

El espesor de la cubierta determinado en el proyecto no es el que corresponde con la realidad, ya que

se ha dispuesto un aislante térmico con mayor espesor, lo que ha aumentado el canto total. Este aumento ha repercutido en el lucernario del pasillo que se ha reducido, por lo que para mitigar este crecimiento se ha tenido que reducir la distancia del plénium del falso techo en el pasillo.

7.5.5. LOD 350

Como la obra está a un nivel muy avanzado los detalles empiezan a ser visibles, por lo que se ha decidido llegar a un nivel LOD 350 y así definir los elementos de forma más específica.

Las ventanas del salón tienen una forma compleja, ya que la parte superior es un vano de vidrio fijo y la parte inferior es practicable, por lo que se decidió modelarlo conforme a la realidad haciendo un muro en el espacio en el que va la ventana practicable de 2,5 metros de altura y desde ese punto hasta la cubierta realizar un muro cortina enlazándolo con el elemento superior. Esta ha sido la mejor manera de adaptarse a lo requerido en el proyecto.

Además, se ha empleado la herramienta muro cortina para elaborar el lucernario del pasillo y la parte superior de los ventanales del salón, añadiéndoles el marco con las dimensiones adecuadas.



Figura 39. Diseño paño fijo. Fuente: Elaboración propia.

Otro aspecto importante ha sido el cerramiento exterior. En los planos definidos por el arquitecto el revestimiento de la fachada cubre el canto de la cubierta en la cara norte y este, por lo que no hay ninguna línea visible más que la de la cumbre. Sin embargo, el modelado en Revit crea automáticamente una línea divisoria entre cubierta y cerramiento difícil de salvar cuando hay planos inclinados.

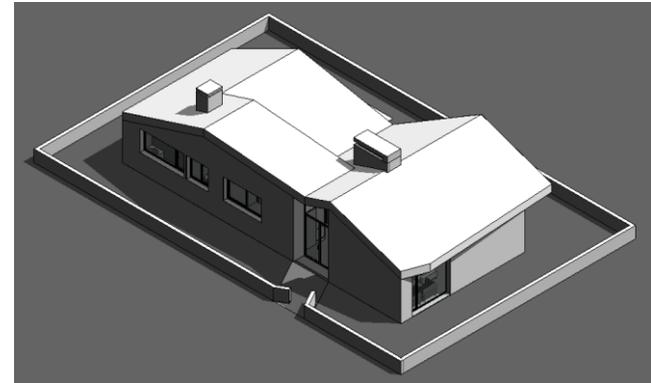


Figura 40. Unión muro y cubierta por defecto. Fuente propia.

Para ejecutar esta parte se han probado dos variantes:

- Dividir las capas del muro exterior en dos grupos, uno que quedará por debajo de la cubierta y otro que subirá y cubrirá el canto. Esta opción no pudo realizarse porque la parte que sube estaba fuera

del plano de la cubierta no se enlazaba y por tanto no formaba los planos inclinados.

- Crear un muro sin el acabado exterior y posteriormente crear una masa conceptual de muro con la forma del alzado. A este muro se le da el grosor y material correspondiente al acabado y se adhiere al soporte original.

La segunda opción ha sido la elegida finalmente.

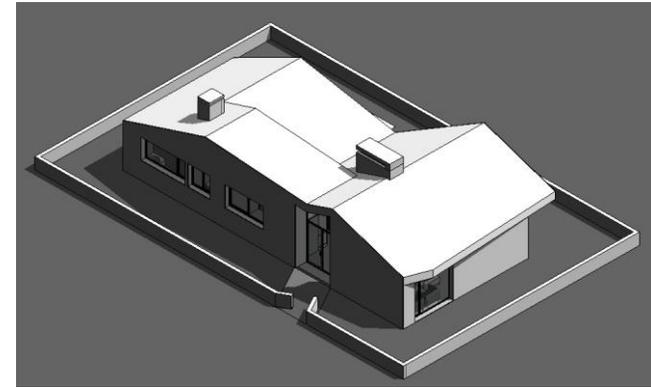


Figura 41. *Unión en muro y cubierta mejorados. Fuente: Elaboración propia.*

Todo lo nombrado anteriormente se puede apreciar en el detalle, ya que gracias al orden de los materiales permite crear prioridades entre ellos, lo que permite que la visibilidad de dos materiales que convergen en los encuentros se realice de una manera u otra. También se puede ver el detalle del falso techo del salón, como queda oculto desde el exterior mediante el grosor de la carpintería del vano de vidrio.

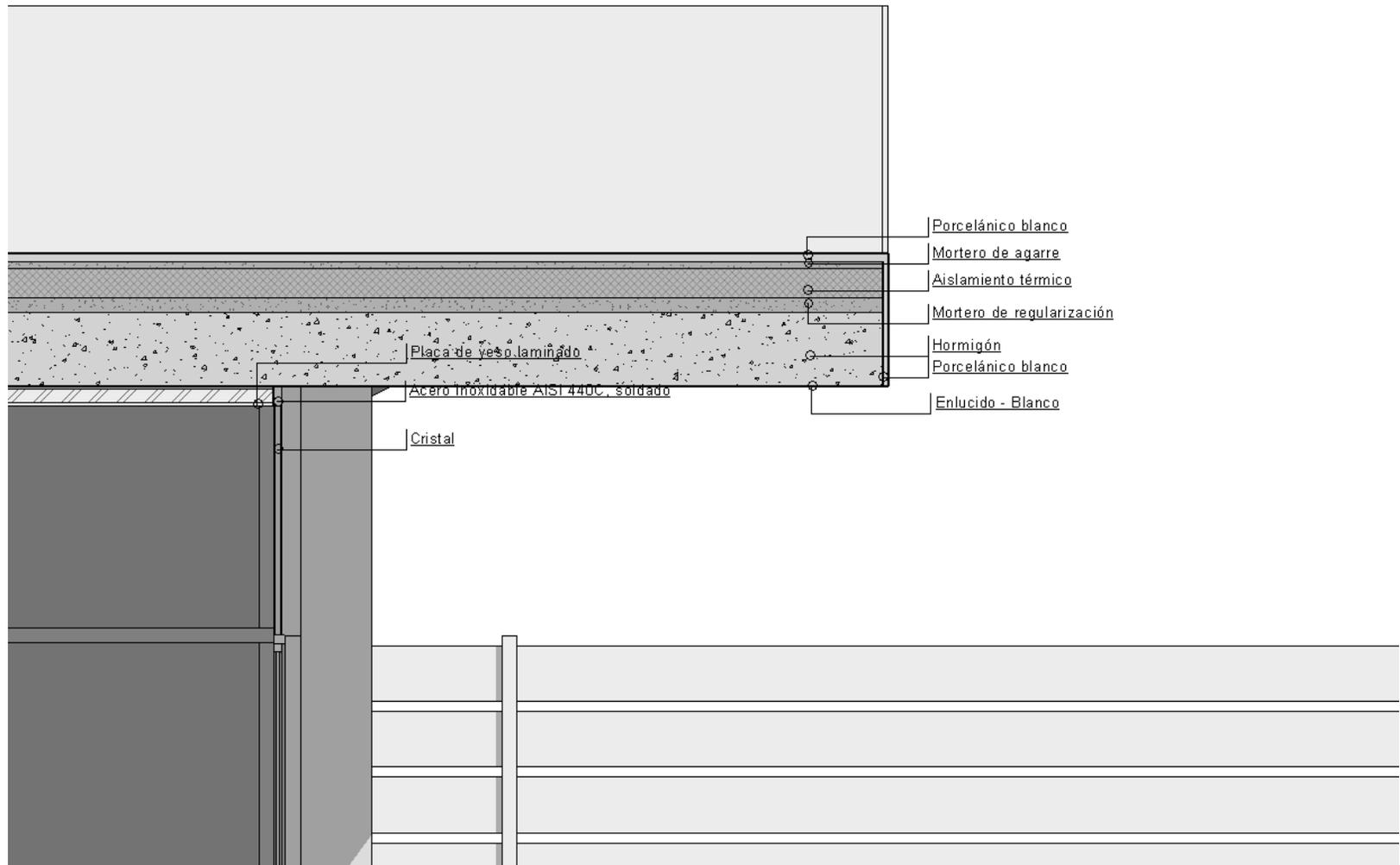


Figura 42. Detalle cubierta y ventana. Fuente: Elaboración propia.

7.5.6. GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN

TABLAS DE PLANIFICACIÓN

Tras el desarrollo del modelo del edificio en LOD 300 se inician los procesos de gestión de la información, en la que controlaremos las áreas, superficies y tablas de planificación.

Las áreas son determinadas automáticamente por el programa al tener delimitada una estancia, pudiendo variar si se desplaza uno de los muros que la componen.

Con esta herramienta se puede crear una tabla de superficies útiles diferenciadas por colores. Al ser paramétrico el modelo, si se produce un cambio en el plano, las áreas se modificarán automáticamente.



Figura 43. Áreas. Fuente: Elaboración propia.

También se puede determinar el área total construida. Con esta herramienta se ha podido ver el cambio que supone el nuevo cerramiento en la solera, ya que la superficie del proyecto inicial es 148.26 m², mientras que la del proyecto construido es de 150.47 m².



Figura 44. Superficie construida. Fuente: Elaboración propia.

Otro aspecto del que nos hemos beneficiado en este proyecto han sido las tablas de planificación, que han servido para gestionar las superficies y elementos constructivos de una forma rápida.

TABLA PLANIFICACIÓN DE VENTANAS					
Altura	Anchura	Coef. transferencia de calor (U)	Familia y tipo	Fase de creación	Resistencia térmica (R)
1.40	3.00	3.6886 W/(m²·K)	Ventana de 2 hojas: Baño 2	Nueva construcción	0.2711 (m²·K)/W
1.40	2.50	3.6886 W/(m²·K)	Ventana corredera de 2 hojas: Galería	Nueva construcción	0.2711 (m²·K)/W
1.40	1.50	3.6886 W/(m²·K)	Ventana corredera de 2 hojas 2: Baño 1	Nueva construcción	0.2711 (m²·K)/W
2.50	1.60	3.6886 W/(m²·K)	Ventana Corredera + Vidrio fijo: Dormitorio 1	Nueva construcción	0.2711 (m²·K)/W
2.50	1.60	3.6886 W/(m²·K)	Ventana Corredera + Vidrio fijo: Dormitorio 2	Nueva construcción	0.2711 (m²·K)/W
2.50	1.60	3.6886 W/(m²·K)	Ventana Corredera + Vidrio fijo: Dormitorio 3	Nueva construcción	0.2711 (m²·K)/W
2.50	1.68	3.6886 W/(m²·K)	Ventana de 2 hojas practicable: Dormitorio principal	Nueva construcción	0.2711 (m²·K)/W
2.50	2.70	3.6886 W/(m²·K)	Ventana de 2 hojas practicable: Dormitorio principal	Nueva construcción	0.2711 (m²·K)/W
2.50	2.60	3.6886 W/(m²·K)	Ventana de 2 hojas practicable: Salón	Nueva construcción	0.2711 (m²·K)/W
3.00	4.49	3.6886 W/(m²·K)	Ventana Corredera 1: Salón	Nueva construcción	0.2711 (m²·K)/W
3.00	2.22	3.6886 W/(m²·K)	Ventana Corredera 2: Salón	Nueva construcción	0.2711 (m²·K)/W

Figura 45. Tabla ventanas. Fuente: Elaboración propia.

7.6. VARIACIÓN DEL MODELO INICIAL

En el modelo construido se han mantenido todos los aspectos de distribución, manifestándose los cambios en revestimientos y los elementos constructivos menos en las capas de la cubierta. En el cerramiento se ha sustituido el Sate por un ladrillo hueco y un aislante EPS.

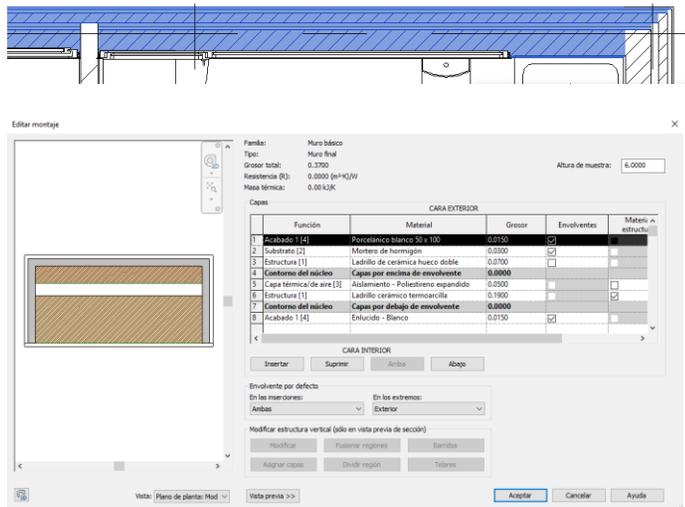


Figura 46. Composición muro final. Fuente: Elaboración propia.

Gracias a las herramientas que posee Revit, pudimos determinar de antemano si este cambio iba a suponer un problema en el coeficiente de ocupación de la parcela, ya que al incrementar el grosor del muro se reducía el margen de maniobra. Sin embargo, al medir el perímetro con el zócalo perimetral que se hubo de añadir,

seguíamos dentro de los límites de ocupación en parcela. (Desarrollado en el punto 5.7.1. Gestión de la información)



Figura 47. Superficie ocupada inicial. Fuente: Elaboración propia.



Figura 48. Zócalo añadido. Fuente: Elaboración propia.

Dos cambios sustanciales han sido la eliminación de la piscina y la disposición de todas las ventanas de la vivienda, excepto los dos grandes ventanales del salón,

sobre un antepecho de 50 cm. Estos cambios han sido por decisiones del cliente.

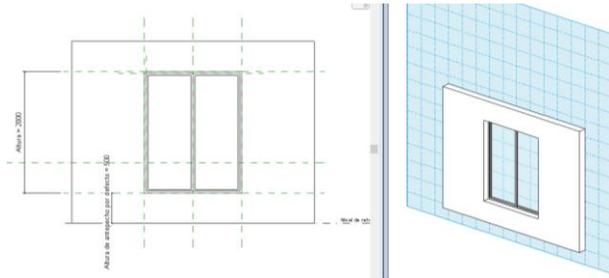


Figura 49. Ventanas paramétricas modelo final. Fuente: *Elaboración propia.*

La partida de revestimientos, ha sido llevada por el propio cliente mediante un acuerdo con el arquitecto, por lo que no existe una memoria justificativa de este tema. El pavimento ha cambiado por cuestiones personales del cliente desde la fase inicial, pasando de un gres porcelánico acabado en madera de fresno en salón-comedor y dormitorios a un gres porcelánico beige acabado cosmos (ambos de la empresa Inalco).

Gracias a la posibilidad de introducir información en los elementos de modelado y a la herramienta de renderizado que posee Revit, se ha podido evaluar las dos propuestas, pudiendo ver el acabado final cambiando un

único parámetro. Ésta constituye una ventaja a la hora de presentarlo al cliente, que puede elegir la terminación que más le guste y así evitar variaciones durante la construcción.



Figura 50. Pavimento porcelánico acabado fresno. Fuente: *Elaboración propia.*



Figura 51. Pavimento porcelánico acabado cosmos. Fuente: *Elaboración propia.*

Finalmente, el último cambio realizado en la vivienda han sido las superficies exteriores, en la que se va a añadir una parte de hormigón impreso en el lado este para guardar el coche.

7.7. ELEMENTOS COMPLEJOS: CUBIERTA

La cubierta es un elemento singular, por lo que se ha investigado diferentes formas de elaborar elementos complejos con Revit.

PRUEBA 1

La primera opción es, ya que tenemos el modelo de AutoCAD, ir midiendo las alturas de cumbreras en el alzado y utilizar la herramienta de crear cubierta, dándole la inclinación correspondiente a cada plano mediante la subida o bajada de los puntos de arista. Cuando dos planos convergen se unen para formar tramos poco a poco.

- Ventajas: es la forma más rápida e intuitiva de modelar una cubierta en Revit con geometría difícil.
- Desventajas: Aunque la altura de los puntos es la correcta, hay planos que parecen compuestos por varios segmentos.

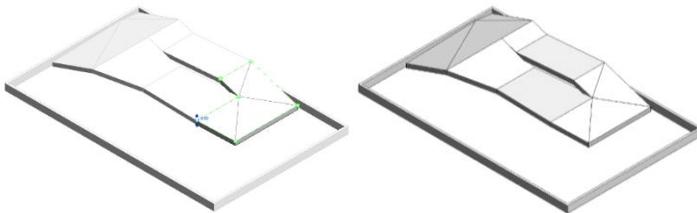


Figura 52. Formación cubierta 1. Elaboración propia.

PRUEBA 2

La segunda opción es exportar un volumen de la cubierta hecho en AutoCAD y utilizarlo como una plantilla para crear una masa conceptual.

Al utilizarlo como plantilla se puede crear una masa conceptual en cada plano inclinado, y convertir en cubierta la superficie de dicha masa.

- Ventajas: es rápido de ejecutar en Revit y la visualización no da problemas como ocurría con la opción 1.
- Desventajas: al crear una masa conceptual por plano, presentan espesores diferentes, por lo que se crean fallos en los vértices inferiores en los que se juntan planos.

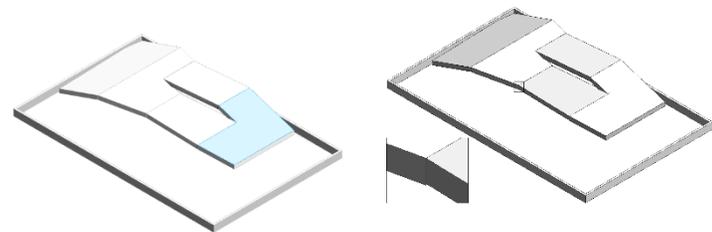


Figura 53. Formación cubierta 2. Elaboración propia.

PRUEBA 3

Igual que en la opción dos, la tercera opción es exportar un volumen de la cubierta hecho en AutoCAD y utilizarlo como una plantilla para crear una masa conceptual. Sin embargo en lugar de utilizar la superficie como una plantilla e ir creando las masas conceptuales en cada plano, se crea una masa perimetral y se van generando masas vacías utilizando el modelo de AutoCAD para definir los espacios que hay que segregar.

- Ventajas: se crea una masa conceptual única, por lo tanto en la cubierta no hay fallos en los vértices ni en las superficies de los planos inclinados.
- Desventajas: es un proceso más lento que las dos primeras opciones, ya que requiere habilidad a la hora de manejar las masas conceptuales.

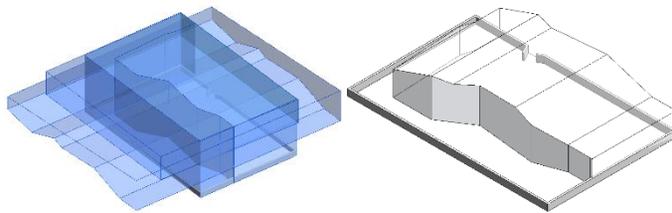


Figura 54. Formación cubierta 3. Elaboración propia.

PRUEBA 4

La última prueba consistió en exportar un volumen de la cubierta hecho en AutoCAD, pero como no se puede utilizar la cubierta exportada porque el programa la reconoce como un componente de un único material sin posibilidad de dividirlo en capas ni hacerlo paramétrico, por lo que se debe exportar con todas las capas correspondientes que la forman. Una vez en Revit a cada capa se le asigna un material.

- Ventaja: es rápido de ejecutar en AutoCAD
- Desventaja: no es un elemento paramétrico, por lo que si hay que hacer alguna variación se tiene que volver a modelar.

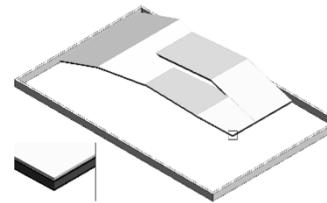


Figura 55. Elaboración cubierta 4. Fuente propia.

Finalmente se ha optado por la **opción 3** mediante el manejo de las **masas conceptuales**, al ser la forma más efectiva de elaborar este tipo de elementos y la que no ha dado problemas a la hora de modelar.

7.8. VISITAS A OBRA

La vivienda comenzó a construirse a mediados de septiembre de 2016, por lo que durante un periodo de tiempo se construyó sin el seguimiento del TFG, así que lo dividiremos en dos fases; la **fase 1** previa a la asignación del TFG, en la que se explicará el proceso constructivo realizado gracias al material fotográfico aportado por el arquitecto y la **fase 2**, en la que ya hay un seguimiento intensivo del TFG de la obra.

7.8.1. FASE 1

La obra comenzó con la cimentación, pilares, cubierta y cerramiento. Esta primera fase se explicará brevemente debido a la existencia de documentación fotográfica aportada por el arquitecto, ya que aunque no se haya hecho el seguimiento con el TFG es una parte importante a desarrollar.

Durante el mes de septiembre se realizó el replanteo y la excavación que albergará la losa de cimentación de 40 cm de espesor, colocando la armadura de la losa en toda la superficie. En el mes de octubre se hormigonó, se delimitó el perímetro con



Figura 56. Proceso obra. Fuente: Chiralt Arquitectos

bloques prefabricados de hormigón para realizar una losa sobre la que descansará el pavimento interior y se rellenó el terreno alrededor de la losa que había sido extraído de más.

Los pilares se ejecutaron durante el restante mes de octubre mediante unos encofrados que iban regulando la altura máxima que debían tener para poder enlazarse de forma correcta con la cubierta.

Una vez terminados se dispuso el encofrado de la cubierta. Ésta es el elemento más característico y complejo del proyecto, por lo que para su elaboración se dispusieron los encofrados de madera siguiendo las inclinaciones que marcaban los pilares, creando las cumbreras correspondientes. Para aligerar el peso de la cubierta se utilizó un sistema de discos de Poliestireno expandido a lo largo de toda la cubierta.

A lo largo del mes de enero, tras el hormigonado, se realizaron sobre la cubierta la formación de pendientes, el aislamiento con 2 planchas de 16 cm de XPS, los canalones de desagüe, la impermeabilización, un geotextil y una capa de mortero para proteger la lámina previa al revestimiento exterior.



Figura 57. Proceso obra. Fuente Chiralt Arquitectos

Durante el mes de febrero hasta la primera visita del TFG, mientras se realizaba la impermeabilización de la cubierta se empezaba a ejecutar el cerramiento exterior de ladrillo de termoarcilla y las particiones interiores de ladrillo hueco.

7.8.2. FASE 2

PRIMERA VISITA (16/02/17)

El primer día de la visita a obra, nos encontramos la vivienda con la primera capa del cerramiento exterior terminado y el arquitecto junto con los arquitectos técnicos estaban determinando la solución prevista para el acabado exterior, que consistía en un panel hidrófugo de la marca Sate que actuaba como soporte del material de revestimiento. Estos paneles se iban a colocar mediante unos montantes atornillados al muro con un aislante entre medio. Sin embargo en el encuentro de la cubierta con el muro y al pretender que el material formase un Angulo de 90º, el arquitecto técnico planteaba el problema de la falta de impermeabilización, por lo que para resolverlo propusieron prolongar la lámina impermeabilizante y enrasarla con el revestimiento del cerramiento, de forma que solo se viese una línea perimetral desde el exterior, expulsando el agua e impidiendo que filtrase entre las capas que conformaban el cerramiento.

Se ha realizado un modelo en Revit donde se ha marcado las diferentes etapas según avanza la obra. Por lo tanto durante esta visita se ha realizado la fase de muros y cerramiento que se está ejecutando en esa etapa.



Figura 58. Muro de termoarcilla. Fuente: Elaboración propia.



Figura 59. Mortero en la cubierta. Fuente: Elaboración propia.

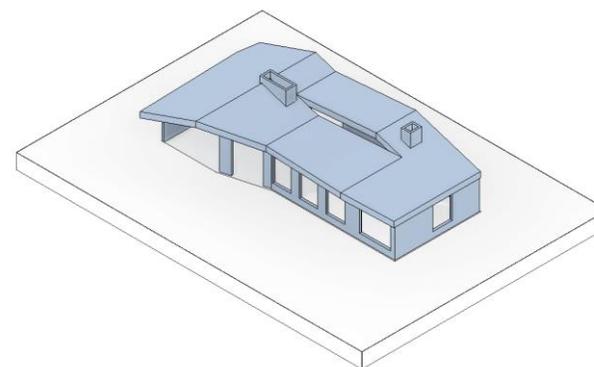


Figura 60. Modelo en Revit, fase muros y cubierta: Elaboración propia.

SEGUNDA VISITA (02/03/17)

El segundo día vino el comercial de Sate para evaluar la obra y certificar el cumplimiento de los requisitos que el arquitecto pedía para el revestimiento exterior. El comercial, tras la inspección, no puso ningún problema en la resolución de encuentros ni impermeabilización por lo que se propuso hacerlo con paneles Sate si el presupuesto no excedía de un máximo.

Además, se terminó de hacer las regatas de las instalaciones, la acometida para agua, luz y gas de la isla de la cocina y se colocó el suelo radiante en todo el piso. Éste se componía de una lámina de velcro de base extendida por todo el piso, lo que permite distribuir los tubos que tienen adherido alrededor la lámina de ganchos que se une a la lámina base con mayor libertad.

A partir de este día comenzaron los retrasos en la obra debido a la solución del cerramiento. Este aspecto se tratará en la conclusión del trabajo.



Figura 61. Suelo radiante. Fuente: Elaboración propia.

TERCERA VISITA (06/04/17)

En la tercera visita se presentó el presupuesto del Sate para el perímetro del cerramiento pero excedía del máximo fijado por el cliente, por lo que finalmente desechó la primera opción y se decidió colocar a continuación del ladrillo de termoarcilla un EPS de 6 mm y un ladrillo hueco sobre el que irá el revestimiento. Esto planteaba problemas, ya que la base que se necesitaba para que apoyase esta nueva solución constructiva era 5 cm mayor que la anterior, por lo que se ha de hacer un recrecido de la solera haciendo un atado perimetral de la parte nueva y la antigua.

Por otro lado se colocaron los marcos provisionales de las ventanas en todos los vanos menos en los ventanales del salón y se vertió el mortero sobre el suelo radiante. En el interior se han colocado los premarcos en las ventanas de baños, dormitorios y galería y se han pasado los tubos corrugados de la instalación eléctrica y los conductos de aire acondicionado en los dormitorios.

En el modelo en Revit se realizó una nueva fase en la que se pudo comprobar cómo el cambio de cerramiento modificaba el perímetro exterior, debiendo recrecer la solera 5 cm. para que apoyase el muro completamente.



Figura 62. *Capa de mortero sobre suelo radiante. Fuente: Elaboración propia*



Figura 63. *Premarco ventanas y zócalo. Fuente: Elaboración propia*

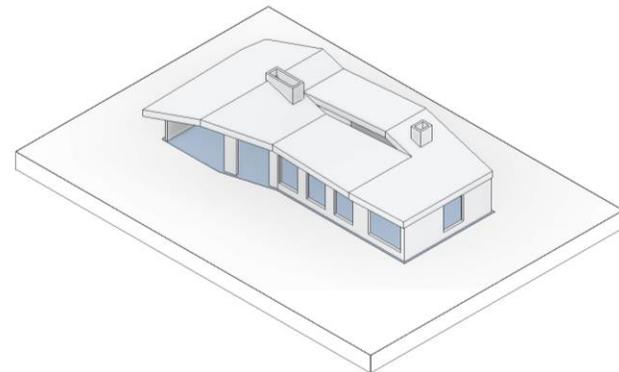


Figura 64. *Modelo Revit, fase ampliación zócalo. Fuente: Elaboración propia.*

CUARTA VISITA (20/04/17)

Durante la semana anterior se realizó el zócalo de hormigón y se conectó a la solera existente para conseguir esos 5 cm extra necesarios y que apoye el aislante y el muro de ladrillo hueco. En la cara sur y norte se empezó el cerramiento colocando el aislante y levantando el tabique de ladrillo hueco, comprobándose que la anchura del zócalo era suficiente. También se propuso una solución para las jambas, que consistía en una lámina aislante de polietileno, a la que se le podía añadir el revestimiento porcelánico gracias a unos perfiles omega dispuestos en el marco.



Figura 65. *Proceso constructivo y solución alfeizar. Fuente: Elaboración propia.*



Figura 66. *Enfoscado mortero y paso de instalaciones. Fuente: Elaboración propia.*

QUINTA VISITA (04/05/17)

Una vez terminado el muro de ladrillo hueco que servirá de soporte al revestimiento exterior, se ha realizado un enfoscado de mortero de cemento en todo el perímetro para que el agarre de la pasta del acabado porcelánico con el mortero sea óptima.

En el modelo en Revit se realizó una nueva fase sustituyendo el muro que estaba originalmente proyectado por el muro de termoarcilla, cámara y ladrillo.

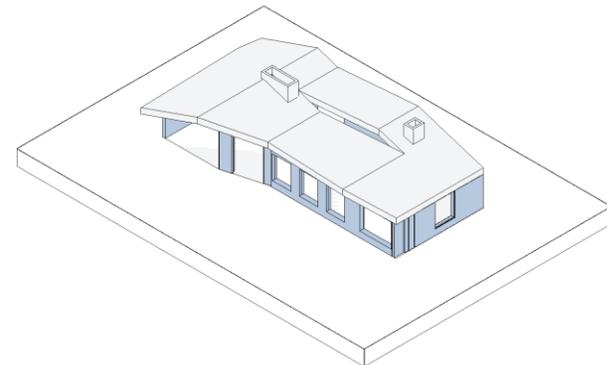


Figura 67. *Modelo Revit, muro final. Fuente: Elaboración propia.*

SEXTA VISITA (18/50/17)

En esta visita se ha podido ver cómo han empezado a alicatar el muro norte y este con las piezas de porcelánico blanco de 50 x 100 cm. Para las juntas se han propuesto dos soluciones; la primera es que tanto las de la cubierta como las del revestimiento sean de un material impermeable, la segunda es que la junta del muro se haga con el material impermeable y la cubierta con un sellante más impermeable y antimoho. Finalmente se decidió la segunda opción por intentar que la cubierta quede lo más impermeabilizada y duradera posible.

En el interior se terminó de alicatar los dos baños con piezas de gres porcelánico de grandes dimensiones (100x250 cm) y la galería con un porcelánico blanco.

Además se instaló un marco provisional de madera en la puerta principal, los premarcos de los ventanales del salón.

Esta visita se corresponde con una nueva fase de revestimientos en muros, pero que ya se ha determinado en la fase anterior al componer las capas del cerramiento.



Figura 68. Colocación revestimiento exterior. Fuente: *Elaboración propia*



Figura 69. Detalle revestimiento exterior. Fuente: *Elaboración propia*



Figura 70. Revenimiento interior: Baño y galería. Fuente: *Elaboración propia.*

SÉPTIMA VISITA (08/06/17)

Este día se pudo ver cómo el revestimiento exterior estaba acabado y rejuntado, mientras que en la cubierta y chimenea se estaba ejecutando el alicatado con el mismo porcelánico que el muro como ya se ha resaltado anteriormente. En esta fase surgieron problemas en la chimenea, ya que en el proyecto había una parte abierta en el lateral, planteándose la posibilidad de que pudiesen entrar insectos o anidar aves si no se encontraba cerrado, por lo que finalmente el arquitecto decidió que se colocase un perfil de chapa con una malla trasera para evitar dichos problemas.

Los detalles como el goterón también se vieron este día. Éste era un punto importante, ya que el arquitecto quería que la visión de este elemento fuese mínima, por lo que se acabó resolviendo mediante una inclinación diagonal al plano vertical relleno del material de agarre de la cubierta, de forma que el agua no pudiese subir pero sin presencia de un goterón convencional de 2 cm.

Todos estos acabados en la cubierta se materializaron en una nueva fase de Revit, en la que se determinaron los revestimientos, encuentros de materiales y forma de chimeneas.



Figura 71. *Revestimiento en cerramiento acabado. Fuente: Elaboración propia.*



Figura 72. *Proceso revestimiento en cubierta. Fuente: Elaboración propia.*

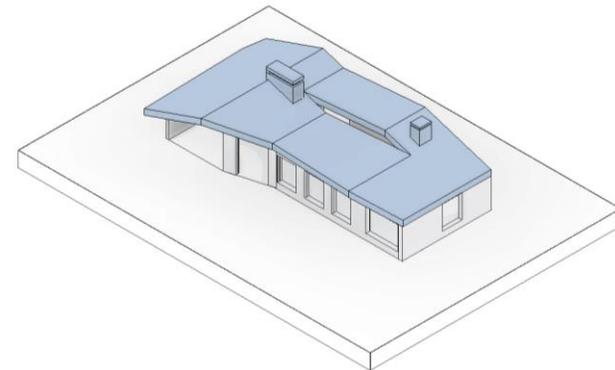


Figura 73. *Modelo Revit, acabado cubierta. Fuente: Elaboración propia.*

OCTAVA VISITA (22/06/17)

En esta visita se comprobó que el revestimiento exterior había finalizado tanto en cubierta como en cerramientos, con su correspondiente sellado y cubrejuntas. En el interior se estaba realizando el enlucido de los muros y el escayolista estaba colocando el falso techo en el pasillo. Por otro lado se concretó con el cristalero la dimensión de los paneles que forman el cerramiento de la cocina, ya que son de gran formato y en el proyecto original alcanzan una altura de más de 3 metros, por lo que hablando con el cliente llegaron al acuerdo de colocar un perfil intermedio a 2,5 metros para partir los vidrios en dos filas y evitar así el pandeo en grandes superficies.

Los vidrios del lado oeste del comedor, galería, baños y habitaciones ya se han instalado, por lo que queda el de los grandes ventanales del comedor y la puerta de acceso.

En el modelo en Revit se añadieron los cambios realizados durante la semana previa a la visita en huecos y falsos techos, creando así una nueva fase.



Figura 74. *Acabado cubierta. Fuente: Elaboración propia.*



Figura 75. *Enlucidos interior y lucernario. Fuente: Elaboración propia*

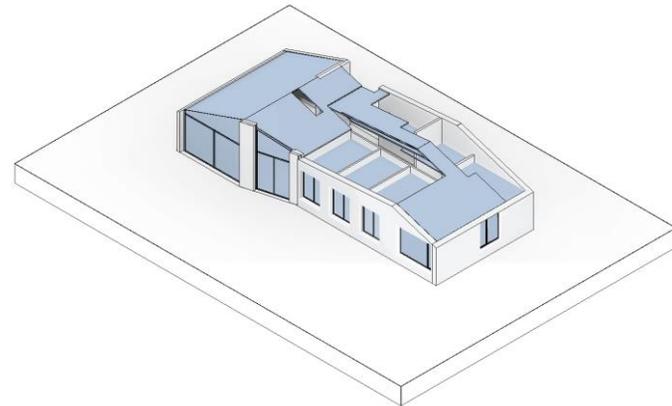


Figura 76. *Modelo Revit, ventanas y falso techo. Fuente: Elaboración propia.*

NOVENA VISITA (13/07/17)

Ésta ha constituido la última visita a la obra. Durante ese día se observó que habían quitado las vallas del perímetro provisionales para empezar a construir el muro. Se había excavado una zanja para colocar un zuncho perimetral del que partirá el muro. Gracias a este muro de cierre se ha podido ver la realización desde el inicio en un elemento constructivo, cosa que en el resto de la vivienda no se ha podido hacer al estar empezada. También se ha colocado un relleno de zahorras en el perímetro para nivelar el pavimento exterior y distribuido los sumideros en la terraza.

En el interior se había terminado de enlucir todas las paredes, viendo un aspecto más acabado del interior. Los falsos techos se habían terminado de colocar en el salón, mediante unos canales de acero galvanizado a los que se le atornilla una placa de yeso laminado. En esta fase están trabajando conjuntamente en la obra el carpintero tomando medidas de la cocina para fabricar el armario, el cristalero, determinando el espacio donde va a ir el cerramiento de la cocina y el electricista haciendo la instalación y colocando las luces LED del exterior.



Figura 77. Zuncho perimetral muro exterior y enlucido interior.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 78. Acabado exterior. Fuente: Elaboración propia.

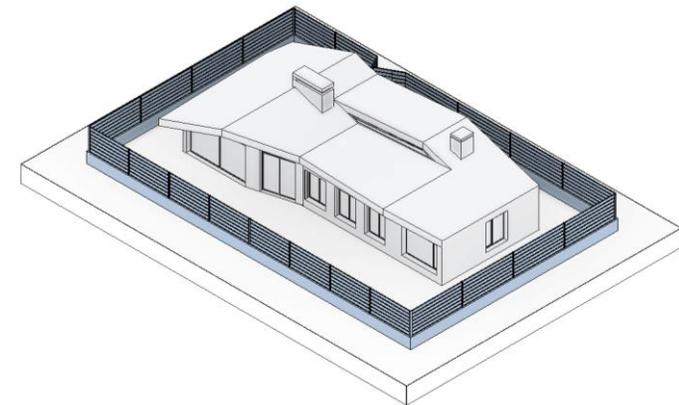


Figura 79. Modelo Revit, muro exterior. Fuente: Elaboración propia.

8. CONCLUSIONES

Tras haber desarrollado la parte teórica y práctica del TFG, podemos extraer una serie de conclusiones.

De la parte teórica estudiada podemos concluir que cuando se trabaja con BIM:

- Hay un único modelo virtual que contiene toda la información del proyecto, evitando incongruencias entre documentos.
- La información es bidireccional, pudiendo extraer y gestionar datos y volver a incorporarla al modelo.
- La información es multidisciplinar, pudiendo compartir la información y facilitando así la colaboración entre profesionales.
- El diseño paramétrico permite mayor rapidez y control sobre el modelado, ya que al realizar un cambio se actualiza en todas las vistas del proyecto.

En la parte empírica se ha verificado los aspectos anteriores apoyados con el trabajo de campo realizado.

- Los cambios de apariencia de materiales y acabados puede darse de forma rápida en un nivel LOD 200 o LOD 300, lo que permiten mostrar el aspecto final en edades tempranas de desarrollo y por lo tanto las modificaciones no suponen una inversión de trabajo alta. Además de esto, la posibilidad de que el cliente pueda ver la idea con varios acabados y elegir el ideal asevera que las variaciones en el futuro en temas de apariencia variarán menos al poder visualizar y entender mejor el proyecto.
- Como se ha podido apreciar en las visitas a obra, los cambios han producido retrasos, tanto por la falta de comunicación como por la ausencia de la documentación del proyecto entre los profesionales intervinientes durante la obra. Un ejemplo ha sido que desde el 2/3/17 al 20/4/17 no hubo movimiento en la obra apenas, debido a la elección de la solución constructiva del cerramiento lo que ha provocado retrasos en el resto de tareas.

- Con un modelo BIM se podría haber acortado el tiempo de espera al poder modificar el cerramiento, ver las consecuencias que supone y elaborar un presupuesto de una forma más rápida. Las modificaciones pueden ser realizadas y comprobadas rápidamente mediante Revit para verificar la viabilidad de la nueva propuesta en cuanto a legalidad y presupuesto.
- La interoperabilidad y el entendimiento sería mucho más eficaz con un modelo único que contenga toda la información. Como se ha comprobado en las visitas a obra, los profesionales de la construcción, en su mayoría, no utilizan todavía esta metodología, pero según se vaya implantando poco a poco, permitirá un mayor desarrollo, eficiencia en el trabajo
- Las incoherencias e indefiniciones encontradas en los diferentes niveles de desarrollo del

proyecto no hubiesen aparecido o hubiesen sido más fáciles de detectar con la aplicación de la metodología BIM.

Con todo esto podemos realizar un corolario de la situación del BIM a nivel mundial. El cambio de una metodología a otra es un proceso lento pero inevitable que supondrá un avance tecnológico y logístico en la construcción favoreciendo la interoperabilidad entre profesionales.

Personalmente creo que este TFG me ha servido para reafirmarme en el éxito de esta metodología como una herramienta para el futuro de la construcción, ampliar los conocimientos de los software que utilizan BIM y acercarme al mundo laboral a través del seguimiento de una obra. En la actualidad el mercado de la construcción está evolucionando adaptándose a las nuevas técnicas, por lo que tener una formación de futuro es una ventaja en la vida profesional de un arquitecto.

9. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Caída del sector de la construcción. Fuente: https://goo.gl/ZD3oU6	9
Figura 2.	Gráficos construcción. Fuente: elaboración propia	10
Figura 3.	Suelo, conocimiento e industria. Fuente: https://goo.gl/FeUK73	10
Figura 4.	Construcción. Fuente https://goo.gl/yyR3ve	11
Figura 5.	Explotación. Fuente https://goo.gl/TbiPA3	11
Figura 6.	Desmantelamiento. Fuente https://goo.gl/E7aMeg	11
Figura 7.	Transferencia de información. Fuente: https://goo.gl/cNHp9e	12
Figura 8.	Gestión del trabajo. Fuente: https://goo.gl/58bXJt	12
Figura 9.	BIM. Fuente: https://goo.gl/dG2HPL	12
Figura 10.	El proceso BIM. Extraído de: https://goo.gl/4b3Bts	14
Figura 11.	EL BIM. Fuente: https://goo.gl/72hcru	15
Figura 12.	Mapa BIM. Fuente: https://goo.gl/T55UL8	16
Figura 13.	Implantación de sistemas BIM. Extraído de: https://goo.gl/3iHRDY	177
Figura 14.	Comparación CAD/BIM. Fuente: https://goo.gl/RELNqy	177
Figura 15.	Gráfica de Patrick MacLeamy. Fuente: https://goo.gl/U9u87W	188
Figura 16.	Resumen ventajas limitaciones BIM. Fuente: Elaboración propia.....	20
Figura 17.	Dimensiones BIM. Fuente https://goo.gl/3de3Pv 21	
Figura 18.	Fuente: Autodesk. Extraído de https://goo.gl/U9cXuu	21
Figura 19.	Fuente: PracticalBIM (2013) Modificado por el alumno. Extraído de: https://goo.gl/pnggNK	22
Figura 20.	Tabla planificación solera. Fuente: Elaboración propia.	24
Figura 21.	Fases: Excavación, cimentación, estructura y cubierta. Fuente: Elaboración propia.....	24
Figura 22.	Ubicación. Fuente: Google Maps.....	25
Figura 23.	División solar. Fuente: Elaboración propia.....	25
Figura 24.	Zonificación vivienda. Fuente: Elaboración propia.	26
Figura 25.	Planta y alzado. Fuente: Documentación Chiralt Arquitectos	26
Figura 26.	Niveles del proyecto. Fuente: Elaboración pr ..	27
Figura 27.	Rejillas y plano vinculado. Fuente: Elaboración propia	28
Figura 28.	Axonometría general y axonometría seccionada LOD 200. Fuente: Elaboración propia.....	28
Figura 29.	Elaboración de muros y cubierta en LOD 100. Fuente: Elaboración propia.....	29
Figura 30.	Cerramiento exterior. Fuente: Elaboración pr ..	30
Figura 31.	Muro LOD 200. Fuente: Elaboración propia	30
Figura 32.	Muro LOD 300. Fuente: Elaboración propia	30
Figura 33.	Componente in situ. Fuente: Elaboración propia.	31
Figura 34.	Capas cubierta. Fuente: Elaboración propia.....	31
Figura 35.	Ventanas paramétricas. Fuente: Elaboración propia.	32
Figura 36.	Falso techo en habitaciones y zonas húmedas. Fuente: Elaboración propia.....	32
Figura 37.	Falso techo en plano inclinado. Fuente: Elabor	32
Figura 38.	Sección falso techo. Fuente: Elaboración propia.	33
Figura 39.	Diseño paño fijo. Fuente: Elaboración propia. .	34
Figura 40.	Unión muro y cubierta por defecto. Fuente pr..	34
Figura 41.	Unión en muro y cubierta mejorados. Fuente ..	35
Figura 42.	Detalle cubierta y ventana. Fuente: Elaboración propia.	36
Figura 43.	Áreas. Fuente: Elaboración propia.....	37
Figura 44.	Superficie construida. Fuente: Elaboración propia.	37

Figura 45.	Tabla ventanas. Fuente: Elaboración propia...	37	Figura 66.	Proceso constructivo muro de ladrillo. Fuente: Elaboración propia.	47
Figura 46.	Composición muro final. Fuente: Elaboración propia.	38	Figura 67.	Enfoscado mortero y paso de instalaciones. Fuente: Elaboración propia.	47
Figura 47.	Superficie ocupada inicial. Fuente: Elaboración propia	38	Figura 68.	Colocación revestimiento exterior. Fuente: Elaboración propia	48
Figura 48.	Zócalo añadido. Fuente: Elaboración propia...	38	Figura 69.	Detalle revestimiento exterior. Fuente: Elaboración propia	48
Figura 49.	Ventanas paramétricas modelo final. Fuente: Elaboración propia.....	39	Figura 70.	Revenimiento interior: Baño y galería. Fuente: Elaboración propia.	48
Figura 50.	Pavimento porcelánico acabado fresno. Fuente: Elaboración propia.....	39	Figura 71.	Revestimiento en cerramiento acabado. Fuente: Elaboración propia.	49
Figura 51.	Pavimento porcelánico acabado cosmos. Fuente: Elaboración propia.	39	Figura 72.	Proceso revestimiento en cubierta. Fuente: Elaboración propia.	49
Figura 52.	Formación cubierta 1. Elaboración propia.....	40	Figura 73.	Goterón. Fuente: Elaboración propia.	49
Figura 53.	Formación cubierta 2. Elaboración propia.....	40	Figura 74.	Acabado cubierta. Fuente: Elaboración propia. 50	
Figura 54.	Formación cubierta 3. Elaboración propia.....	41	Figura 75.	Enlucidos interior y lucernario. Fuente: Elaboración propia	50
Figura 55.	Elaboración cubierta 4. Fuente propia.....	41	Figura 76.	Detalle lámina impermeabilizante en cubierta. Fuente: Elaboración propia.	50
Figura 56.	Proceso obra. Fuente: Chiralt Arquitectos	42	Figura 77.	Zuncho perimetral muro exterior. Fuente: Elaboración propia.	51
Figura 57.	Proceso obra. Fuente Chiralt Arquitectos.....	43	Figura 78.	Enlucido interior. Fuente: Elaboración propia.	51
Figura 58.	Muro de termoarcilla. Fuente: Elaboración propia.	44	Figura 79.	Acabado exterior. Fuente: Elaboración propia.	51
Figura 59.	Mortero en la cubierta. Fuente: Elaboración propia	44			
Figura 60.	Vista lucernario. Fuente: Elaboración propia.	44			
Figura 61.	Suelo radiante. Fuente: Elaboración propia	45			
Figura 62.	Capa de mortero sobre suelo radiante. Fuente: Elaboración propia.....	46			
Figura 63.	Premarco ventanas. Fuente: Elaboración propia 46				
Figura 64.	Detalle zócalo. Fuente: Elaboración propia.....	46			
Figura 65.	Solución alfeizar. Fuente: Elaboración propia.	47			

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alonso, J. (2013). Nivel de desarrollo LOD. Definiciones, innovaciones y adaptaciones a España. *Building Smart*, 17.

Building Smart. (2017). Obtenido de <https://goo.gl/HgJ755>

Campos, E. (2009). *Plataforma arquitectura*. Obtenido de Sobre la B, la I y la M en BIM: Modelado de información para la edificación: <https://goo.gl/YbV6nA>

Coloma-Picó, E. (2008). Introducción a la tecnología BIM. Barcelona, España: Universitat Politècnica de Catalunya.

Comarqpanama. (2016). *BIM Panama*. Obtenido de <https://goo.gl/33BdHG>

Corporation, A. (2017). *Autodesk*. Obtenido de <https://www.autodesk.es/>

CSCAE. (Septiembre de 2016). *Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España*.

eBIM. (2010). *ArchiBLOG*. Obtenido de <https://goo.gl/G1vHVy>

Edificación, C. C. (2014). *BIM. Diseño por ordenador*.

Fuentes-Giner, B. (2014). *Impacto de BIM en el proceso constructivo español*. Valencia: Cuadernos EUBIM.

Graphisoft. (2015). *Graphisoft*. Obtenido de <https://goo.gl/h8X5ow>

Horta, I. a. (2013). Performance trends in the construction industry worldwide: an overview of the turn of the century.

ITC. (2016). *IVACE*. Obtenido de <https://goo.gl/Skzs1q>

Jiménez, O. M. (2015). *Prezi*. Obtenido de <https://goo.gl/i8Jf9c>

Laiserin, J. (s.f.). *BIM Saint-Gobain*. Obtenido de <https://goo.gl/jkPKP3>

Rodriguez, A. M. (2014). Obtenido de Building Smart: <https://goo.gl/Sjjgmf>

ss[BIM]. (2017). *ss[BIM]*. Obtenido de <https://goo.gl/uAvz6r>

UPV. (2017). *BIM en la UPV*. Obtenido de <https://goo.gl/CDZ1JD>

Workshop, I. (2011). *IFC Workshop*. Obtenido de <https://goo.gl/1phbjd>