

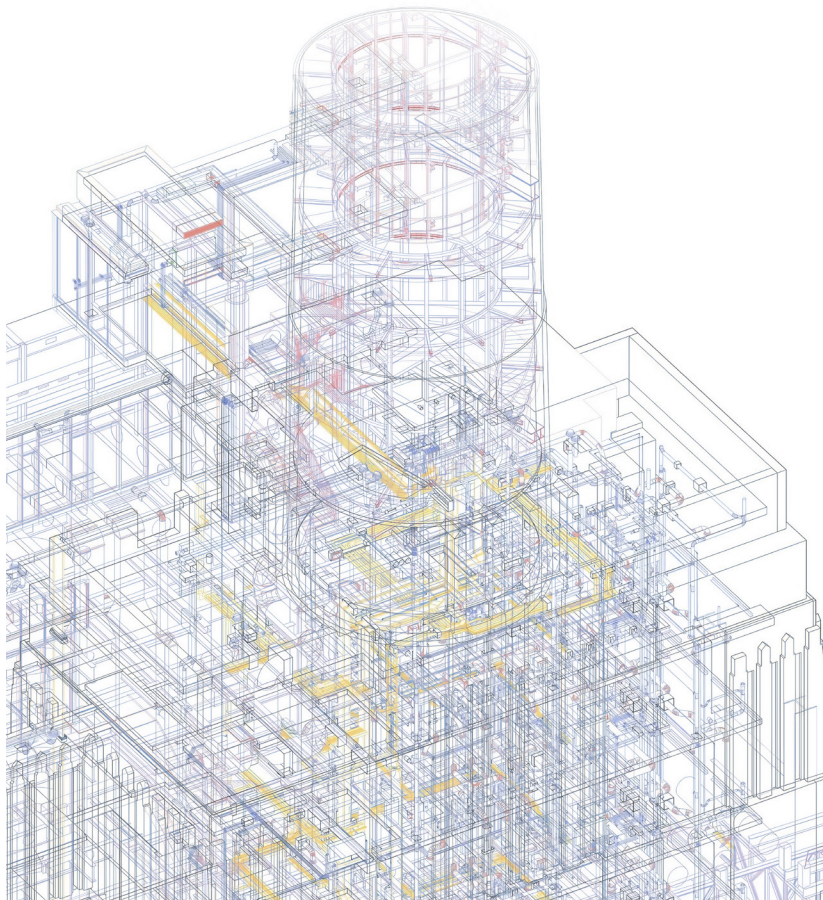
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA



TRABAJO FIN DE GRADO



Álvaro Ignacio Jover Pierantoni
Arquitectura Industrializada
BIM en la vivienda colectiva

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA



TRABAJO FIN DE GRADO

Álvaro Ignacio Jover Pierantoni
Arquitectura Industrializada
BIM en la vivienda colectiva

ARQUITECTURA INDUSTRIALIZADA
BIM EN LA VIVIENDA COLECTIVA

Estudiante

Álvaro Ignacio Jover Pierantoni

Tutor

Óscar Liébana Carrasco

Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas

Aula TFG 8

Héctor Navarro Martínez, *coordinador/a*

Paula Villanueva Llauradó, *adjunto/a*

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid

Universidad Politécnica de Madrid

Índice

RESUMEN/ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

1. INDUSTRIALIZACIÓN

- 1.1 I Revolución Industrial: Estandarización
- 1.2 II Revolución Industrial: Prefabricación
- 1.3 III Revolución Industrial: Automatización
- 1.4 Industria 4.0: Digitalización

2. DIGITALIZACIÓN

- 2.1 Punto de Partida
- 2.2 Beneficios
- 2.3 Nuevas Tecnologías

3. BIM

- 3.1 Contexto Actual
- 3.2 BIM en España
- 3.3 Dimensiones

4. CASOS DE ESTUDIO

- 4.1 Clasificación de empresas
- 4.2 Análisis
- 4.3 Entrevistas

CONCLUSIONES

FUENTES

- Bibliografía y recursos digitales
- Procedencia de las ilustraciones

ANEXO

Resumen/Abstract

En este trabajo se ha realizado un análisis del estado actual del nivel de implementación de la digitalización en la arquitectura industrializada, poniendo el foco sobre la vivienda colectiva. Para conocer las posibilidades que ofrece la aplicación de nuevas tecnologías en este sector, se ha hecho un repaso de la historia de la industria en la arquitectura, viendo su evolución y las ideas principales. También se ha hecho un estudio de las distintas herramientas tecnológicas disponibles en la actualidad, viendo en profundidad algunos conceptos BIM.

Una vez situada la base del análisis se ha procedido a estudiar las empresas españolas que intervienen en la industrialización de la arquitectura con el objetivo de ver el nivel de uso BIM. Para comprender la extensión de BIM, se ha realizado una encuesta a 23 empresas, preguntando distintas cuestiones relacionadas con el método empleado a la hora de trabajar con este software. Por último se han seleccionado 4 casos de estudio: Hermo, Modulya, Compact Habit y WoHo, a las que se les ha realizado una entrevista. Gracias a esta hemos podido analizar los distintos factores del uso de BIM, llegando a la conclusión que el nivel de implementación de este software aumenta con la industrialización.

PALABRAS CLAVE

BIM · Digitalización · Industrialización · Construcción off site ·
Módulos · Prefabricación

Resumen/Abstract

In this work, an analysis of the current state of the implementation level of digitalization in industrialised architecture has been carried out, focusing on collective housing. In order to learn about the possibilities offered by the application of new technologies in this sector, a review of the history of the industry in architecture has been made, looking at its avolución and main ideas. A study was also made of the different technological tools currently available, looking in depth at some BIM concepts.

Once the basis of the analysis was done, we proceeded to study the Spanish companies involved in the industrialization of architecture in order to see the use level of BIM. In order to understand the growth of BIM, a survey was carried out in 23 companies, asking different questions related to the method used when working with this software. Finally, 4 case studies were selected and interviewed: Hermo, Modulya, Compact Habit and WoHo. Thanks to it, we have been able to analyse the different factors involved in the use of BIM, reaching to the conclusion that the level of implementation of this software increases with industrialization.

KEY WORDS

BIM · Digitalization · Industrialization · Off site construction ·
Modules · Prefabrication

Introducción

En la actualidad, la digitalización abarca los distintos sectores e industrias de la sociedad y es responsable de gran parte de los avances. La Industria 4.0 ha generado un cambio significativo en la manera que se conciben los oficios, introduciendo nuevas metodologías, reduciendo los tiempos, optimizando el uso de material y aumentando la calidad.

La arquitectura industrializada combina la fabricación industrial con el diseño arquitectónico gracias a las herramientas digitales. La construcción es uno de los sectores más contaminantes, por lo que la industrialización del proceso constructivo es de gran importancia.

La arquitectura ha implementado herramientas digitales que han facilitado tanto el proceso proyectual como la fase constructiva. En este TFG se busca investigar cuáles son las posibilidades en el mercado, qué beneficios aportan y cuáles son sus inconvenientes. Entre estas herramientas destaca BIM, ya que permite la integración eficiente de la información, mejorando la colaboración de los distintos agentes del proyecto.

Motivación

La motivación que impulsa este estudio surge del interés por las nuevas tecnologías. Building Information Modeling (BIM) es una de las herramientas digitales que están presentes en la arquitectura. Las posibilidades que ofrece significan un cambio en la metodología de trabajo tradicional de la arquitectura.

BIM permite un enfoque colaborativo en tiempo real a lo largo de todas las etapas del proyecto. Esta nueva posibilidad abre la puerta a mejoras en la fase de diseño, en el proceso constructivo y en el control a lo largo de la vida útil del edificio. En segundo lugar permite ajustar la construcción en términos de tiempos, materiales y contaminación.

Las posibilidades que ofrece BIM son vastas, lo que posiciona este software como herramienta fundamental para los desafíos actuales y futuros. Comprender BIM es vital para entender el sector y las posibilidades que están surgiendo.

Objetivos

Este trabajo de investigación tiene como objetivo principal analizar cuál es el nivel de implementación BIM, tanto en la industria como en los casos de estudio. Para ello, se estudiará cómo trabajan las empresas con BIM, cómo integran las funcionalidades de esta herramienta y la relación que tiene el nivel de implementación con la industrialización.

También es necesario conocer los equipos de trabajo de las distintas empresas, ver si la implantación está relacionada con el número de miembros, la manera de organización del equipo o las disciplinas que intervienen. BIM no es simplemente un software, es una metodología. La manera de trabajo con el modelo dictamina la calidad de la implementación BIM. Por último, analizar qué factores impiden la implementación BIM total.

Metodología

El trabajo se divide en cuatro fases principales. La primera fase abarca la comprensión teórica de los antecedentes de la arquitectura industrializada junto al estado actual de la materia, los distintos agentes que intervienen en ella y los conceptos principales. La segunda fase analiza la digitalización y la implementación de nuevas tecnologías en la arquitectura, estudiando los beneficios e inconvenientes que presentan en la actualidad. La tercera fase cierra el estudio previo, desarrollando el estado actual de BIM y sus posibilidades.

La cuarta y última fase recoge cuatro casos de estudio acerca de la implementación BIM en las empresas. Estas empresas siguen unas características comunes, seleccionadas gracias a la investigación previa: industrializan la vivienda colectiva y poseen un nivel de digitalización alto. Por último, se realizan entrevistas para poder comprender como trabajan dichas empresas y el contexto en el que se encuentran.

1. Industrialización

De acuerdo con el diccionario de la RAE (Real Academia de la lengua Española) la industria es:

“Conjunto de operaciones materiales ejecutadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos naturales.”

Es decir, la industria es el proceso de transformación de materias primas en elementos elaborados. Por ello, la industrialización es el proceso que se sigue hasta conseguir establecer la industria como eje principal, en torno al cual giren la sociedad y la economía.

En el caso de la vivienda, la industrialización no busca ser el eje principal de la arquitectura, sino una herramienta más. La industrialización aporta grandes beneficios, ya que permite un gran control a lo largo del proceso constructivo, lo cual se ve reflejado en una mayor calidad y precisión a la hora de realizar presupuestos o calcular tiempos de ejecución. Sin embargo, también tiene aspectos que hacen inviable ser el pilar fundamental de la arquitectura, como las limitaciones técnicas.

Se puede decir que la industrialización de la vivienda comienza a raíz de la Revolución Industrial, con el cambio de mentalidad y la propia búsqueda de la industrialización. La evolución de la arquitectura industrializada se refleja en la vivienda modular. También podemos encontrar las distintas innovaciones que van aportando las Revoluciones Industriales a la idea que tenemos hoy en día.

*Fig. 1.1: Montaje de una vivienda en fábrica.
Fuente: Compact Habit*



¹ Fuente: Muñoz, N. (2023)

A lo largo de este primer capítulo iremos viendo cuál ha sido la evolución de la arquitectura industrializada y cómo se han ido implementando los conceptos básicos de la industria a la, llegando hasta la situación actual. Los avances vividos fueron gracias a arquitectos o edificios emblemáticos que fueron capaces de asimilar y adaptar los conceptos e innovaciones que tenían lugar en las distintas industrias al sector de la construcción.

1.1 I Revolución Industrial: Estandarización

La revolución industrial nace en el siglo XVII en Inglaterra, a raíz de la mejora de James Watt en 1774 de la máquina de vapor, originalmente de Newcomen. Esta mejora cambió radicalmente el sistema económico, evolucionando de los sistemas basados en el campo a la dependencia de la industria y de las fábricas.¹

La mejora de la máquina de vapor, a la que se añadió la creación de una red de canales por todo Inglaterra, generó una gran mejoría en el transporte de mercancías. La sencillez en la distribución de materias y la reducción de costes permitió la migración de las industrias a las grandes ciudades, ya que no dependían de la materia prima de proximidad. Las grandes ciudades, gracias a la densidad de población y los distintos comercios, presentaban una mayor oportunidad para la distribución y venta del producto. A esta deslocalización de las fábricas se le añadió el éxodo del campo a la ciudad. El cambio en la estructura de la normativa de la propiedad generó la polarización de la sociedad rural. La incapacidad de adaptar los terrenos a la nueva normativa por parte de los sectores más pobres facilitaba la compra por parte de los campesinos adinerados. El encarecimiento del suelo generó un aumento de la pobreza en el campo, lo que supuso el traslado de gran parte de los campesinos a la ciudad, donde ante la ausencia de experiencia en oficios tradicionales comenzaron a trabajar en las fábricas, a pesar de las malas condiciones laborales y la baja remuneración económica.²

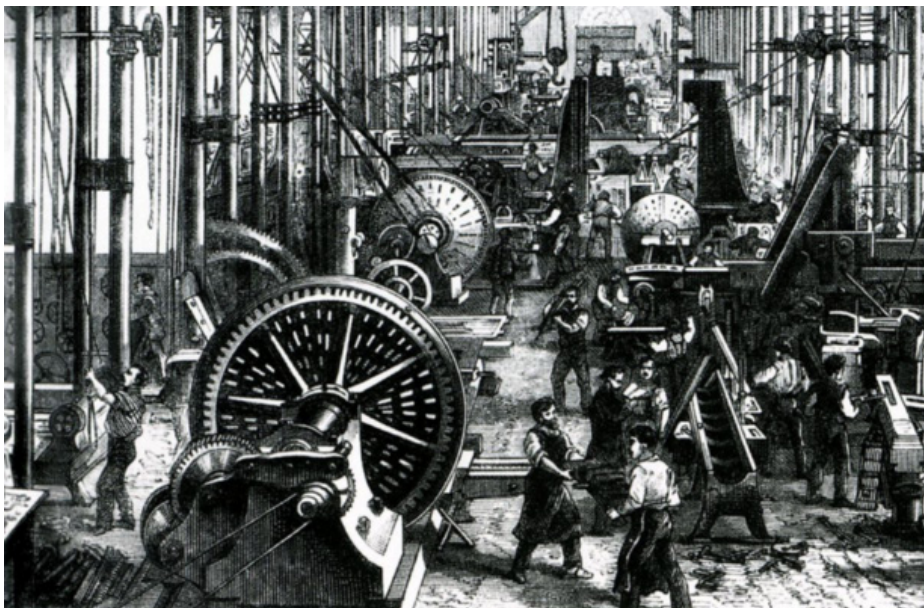


Fig. 1.2: Dibujo interior de una fábrica. Fuente: Enciclopedia Humanidades

² Fuente: Martínez, M. (2021)

A raíz del auge de las industrias, se comienzan a desarrollar los avances tecnológicos; la locomotora o los barcos de vapor con hélices facilitaron la globalización y expansión de las ideas de desarrollo por Europa y Estados Unidos. Las experimentaciones con los materiales tradicionales generaron mejoras, las más destacables serían: el aumento de la calidad del hierro o el cristal y el descubrimiento de nuevos materiales, como el linóleo o el acero, que, añadidos a la reducción de costes, permitieron su popularización en la construcción.

Los significativos avances tecnológicos permitieron el descubrimiento y desarrollo de diferentes soluciones constructivas en las estructuras metálicas. El primer ejemplo es el “Crystal Palace”, de Joseph Paxton. Este edificio fue construido para la Exposición Universal de Londres de 1850, Paxton quería construir un edificio desmontable de grandes dimensiones, por lo que se inspiró en los invernaderos, elementos industrializados fabricados con acero y cristal. Extrapoló los sistemas constructivos de los invernaderos al “Crystal Palace”, apoyándose en los principios de la modulación y la estandarización. La aplicación de algunos de estos principios ha servido de ejemplo y son considerados pilares fundamentales de la arquitectura industrializada hoy en día.

Fig. 1.3: Dibujo interior del “Crystal Palace”.
Fuente: Arch Daily



La estandarización es el proceso mediante el cual se ajustan varios elementos semejantes a una norma común. La normalización de los objetos surgió durante este período gracias a las facilidades que aportó la industria. Gracias a la producción en serie, las fábricas podían producir una gran cantidad de elementos idénticos en menos tiempo lo que abarataba los costes y reducía la complejidad del montaje.³

Desde entonces, la estandarización ha seguido desarrollándose y adaptándose al mundo de la construcción, facilitando en gran medida la producción de materiales, herramientas y componentes para la obra. Actualmen-

³ Fuente: La estandarización, punto de partida para avanzar en industrialización

te casi todos los elementos de la construcción han sufrido un proceso de estandarización, que en cierta medida elimina el carácter individual de los elementos, pero reduce los costes y acelera el proceso de fabricación.⁴

Como podemos ver, la I Revolución Industrial abrió la puerta a la optimización constructiva de la arquitectura. La adaptación de los distintos descubrimientos añadidos a los nuevos materiales desarrollados, propiciaron la búsqueda de la eficiencia en la fabricación. Pero no sólo destacan la reducción de costes y tiempos, también destacan la estandarización, la modulación, la escalabilidad y la globalización.

1.2 II Revolución Industrial: Prefabricación

Desde 1870 hasta el comienzo de la Primera Guerra mundial tiene lugar la Segunda Revolución Industrial. Durante este período, las innovaciones técnicas que tuvieron lugar durante la Primera Revolución Industrial continuaron desarrollándose y adquiriendo más protagonismo en el sistema económico.

Durante el siglo XIX, los avances en las industrias orbitaron en torno a las nuevas fuentes de energía (la electricidad y el gas), el motor de combustión interna y el petróleo. También tuvo lugar el descubrimiento de otros avances tecnológicos, como la radio, un nuevo sistema de comunicación.

El desarrollo de los motores propició el desarrollo de los vehículos, se inventó el avión y surgió la industria del automovilismo, que tuvo un papel muy importante en los avances técnicos de la época.⁵

En la industria del automovilismo destacan Ford y Taylor ya que, gracias a los avances tecnológicos, comienzan a cambiar el modo de trabajar. Ford incluye la especialización en sus fábricas de automóviles, aplicando la cadena de montaje en un sistema de ensamblaje especializado.



Fig. 1.4: Imagen de una fábrica de automóviles.
Fuente: La Salle

⁴ Fuente: La estandarización, punto de partida para avanzar en industrialización

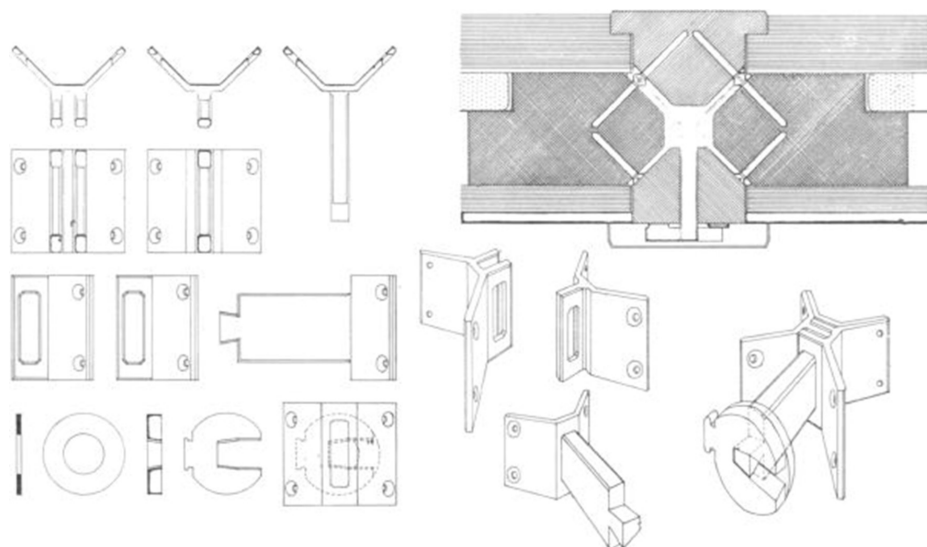
⁵ Fuente: Martínez, M. (2021)

Por otro lado, Taylor se centra en el control sobre la calidad y los tiempos, optimizando el proceso industrial. Estas mejoras se deben a una mayor organización, se distribuyen las tareas y se busca la mayor eficiencia de la mano de obra y de la maquinaria, controlando completamente el proceso. Gracias a estas ideas, se expande la producción en serie por las distintas industrias, reduciendo los costes de los productos manufacturados y los tiempos.

A raíz de la Segunda Revolución Industrial surge, durante la década de 1920, el Movimiento Moderno, cuyos arquitectos persiguen la funcionalidad y el racionalismo, es por esto que se apoyan en los sistemas implementados por Ford en la industria del automóvil y aplican ideas al sector en sus proyectos. Los nuevos materiales descubiertos durante la Segunda Revolución Industrial, como el hormigón armado y el acero también tienen un papel muy importante y marcan el estilo material de este período.

Uno de los arquitectos destacados de este tiempo es Walter Gropius, quien buscaba constantemente la unión de arquitectura e industria. Un claro ejemplo de esto son las “Copper Houses” o las “Packaged Houses”, realizadas con Waschmann durante los años 40. Estaban construidas a base de elementos prefabricados gracias al sistema que ideó Wachsmann, la vivienda estaba modulada y formada por una estructura metálica cubierta por paneles de fábrica, lo que le aportaba una gran versatilidad. Los elementos eran prefabricados, aunque no poseían del nivel de estandarización actual, por lo que las uniones y la modulación alrededor de estos elementos presentaba imperfecciones. Esta serie de viviendas marcaron la dirección de la prefabricación en la vivienda industrializada.⁶

Fig. 1.5: Sistemas conectores metálicos prefabricados, Wachsmann.
Fuente: MIT Press



La prefabricación consiste en la creación de componentes en fábrica de manera que puedan ensamblarse rápidamente. Los elementos se fabrican en serie, la repetición de los procesos permite que se vaya perfeccionando

⁶ Fuente: Lupfer, G., & Sigel, P. (2018)

el resultado final. Este proceso común se ha empleado en otras industrias para abaratar costes o reducir tiempos, pero lo que resulta realmente interesante en el campo de la arquitectura es la posibilidad que ofrece de controlar el proceso constructivo. Eliminar las variables del lugar, la climatología o incluso la maquinaria empleada aumentan el control sobre el producto final, es decir, se optimizan los procesos. Una vez completados los elementos en el taller, son transportados a la ubicación final, donde son ensamblados de manera simple y precisa.

Si atendemos a la definición podemos creer que muchos componentes de la obra son prefabricados, como los ladrillos o las vigas metálicas, pero Del Águila concreta más y limita la definición:

“Prefabricado es un elemento o un sistema, que pudiendo ser realizado en obra, lo es en fábrica. Si no podemos realizar esa elección tendremos un elemento hecho in – situ o bien un producto industrial. Según esta definición, no consideraríamos prefabricados un lavabo, un perfil laminado, ni un ladrillo.”⁷

Gracias a esta definición, podemos descartar los elementos estandarizados que son fabricados fuera de la obra y acotar la definición de construcción prefabricada.

Para conocer el nivel de prefabricación de una obra, se pueden observar la cantidad de escombros generados. Habitualmente cuanto menor es la cantidad de residuos mayor es el nivel de industrialización. El proceso de montaje de piezas prefabricadas está muy pautado, por lo que la organización es total y el ensamblaje es más rápido. El nivel de desechos materia-



Fig. 1.6: Montaje en obra de una estructura prefabricada. Fuente: Hermo

⁷ Fuente: Águila, Alfonso del

⁸ Fuente: ABC modular ()

les es mínimo debido al orden en los procedimientos, lo cual genera precisión sobre los materiales.⁸

Otro aspecto positivo que permite la prefabricación es la reducción de riesgos y las garantías de seguridad y salud. El ambiente controlado de la fábrica permite realizar actividades peligrosas adoptando más medidas de seguridad, velando por el bienestar de los trabajadores.

Hoy en día, los edificios con un alto nivel de prefabricación suelen estar asociados con los edificios temporales y por ello, se tienen prejuicios negativos como la baja calidad; pero la realidad es que los edificios con componentes prefabricados cumplen con unos estándares de calidad muy exigentes que garantizan su calidad y seguridad.

Como podemos ver, la prefabricación se ha establecido como base en la arquitectura desde su implementación. La prefabricación se ha extendido a muchos campos de la arquitectura, aunque no se puede comparar con el impacto de la estandarización, está presente en muchas construcciones. Es común ver elementos estructurales de hormigón armado como vigas, viguetas o zapatas en obras realizadas in situ, además en la arquitectura industrial, gran parte de los componentes, como cerramientos o forjados son componentes prefabricados.

1.3 III Revolución Industrial: Automatización

A finales del siglo XX tiene lugar la Tercera Revolución Industrial, que se basa en la influencia de las tecnologías en los procesos industriales. La creación de las primeras computadoras industriales y su evolución a los ordenadores personales, mediante empresas como Olivetti o IBM, fueron el desencadenante de esta evolución tecnológica.

El desarrollo de los ordenadores avanzó rápidamente, y con ellos llegó la conexión a Internet. Esta nueva red de telecomunicaciones generó un cambio en el paradigma laboral. La conexión entre los ordenadores, la simplificación de la comunicación y la universalización de la información han hecho de Internet el gran invento del siglo XX. Con estos avances aumentó también la globalización y la difusión de nuevas ideas, lo que permitió el enriquecimiento de los sectores laborales.

El gran avance en el mundo de la arquitectura surgió en 1984, con la presentación de AutoCAD 1.4, de la empresa Autodesk. El software CAD significa un gran avance en el mundo del dibujo técnico, puesto que permite aumentar la eficiencia facilitando la repetición y la conmutación de datos entre proyectos. También destaca la gran precisión que aporta a los procesos proyectuales.

Además de los avances presentes en el proceso proyectual, los ordenadores también supusieron el método de avance a la hora de incluir la maquinaria en el proceso de fabricación. La mejora en los flujos de trabajo, la sincronización entre los distintos componentes y el procesamiento instantáneo de los datos facilitó la inclusión de las máquinas a la fabricación de los elementos.

Este avance de la informática y los ordenadores aplicados a la industria se conocen como automatización, lo que se ve reflejado en un gran cambio en los procesos constructivos. La automatización permite a las personas ayudarse de maquinaria para completar las tareas repetitivas, manteniendo la calidad y aumentando la productividad, reduciendo los costes del proceso. El sector de la construcción busca de manera constante aprovechar la nueva maquinaria para hacer tanto el diseño como la construcción más



*Fig. 1.7: Implantación de brazos robotizados en una fábrica de montaje.
Fuente : Kuka*

eficiente. Pero también intimidada ver cómo los ordenadores van sustituyendo oficios tradicionales, por lo que es común que surja la cuestión “¿los robots nos van a quitar el trabajo?”⁹

La automatización está ganando cada vez más importancia debido a la falta de mano de obra en muchas industrias. Cada vez se valoran mejor los trabajos intelectuales, donde se emplea la mente mientras que los trabajos derivados del esfuerzo físico cada vez tienen menos cabida. La presencia de tanta maquinaria suple esta falta de mano de obra por técnicos cualificados para el uso de las nuevas tecnologías.

La inclusión de los ordenadores al sector de la construcción marcó el comienzo de una etapa, que además de marcar un punto de inflexión, sigue aportando las innovaciones más importantes en la actualidad. A los aspectos fundamentales mencionados previamente: la estandarización y la prefabricación se le añade la automatización. La combinación de estos tres

⁹ Fuente: Overstreet, K. (2011)

conceptos permite la optimización, pero también surgen cuestiones sociales respecto al papel de los trabajadores frente a las máquinas y la pérdida de humanidad y de carácter tanto de los dibujos como de los productos.

1.4 Industria 4.0: Digitalización

En la época contemporánea, el siglo XXI, no se ha desarrollado ninguna revolución industrial, pero los expertos denominan Industria 4.0 (o Cuarta Revolución Industrial) a los nuevos procesos en los que se combinan técnicas avanzadas de producción y la gestión de tecnologías inteligentes mediante la integración en la organización de personas y activos. Aplicada al mundo de la arquitectura se conoce como Construcción 4.0, donde el objetivo principal es el aumento de la productividad.¹⁰

Se caracteriza por la implicación de tecnologías como la robótica, la analítica, la inteligencia artificial, las tecnologías cognitivas, la nanotecnología y el IoT. El gran abanico de nuevos sistemas que siguen emergiendo permiten a las empresas adoptar y perfeccionar aquellas que se adapten a sus exigencias y satisfagan sus necesidades para no perder cuota de mercado.

La Industria 4.0 cambia la forma de realizar los negocios, evolucionan de los sistemas tradicionales donde los datos y las comunicaciones eran lineales a sistemas avanzados que proporcionan acceso en tiempo real a los datos y la inteligencia de negocio. La integración de la información digitalizada desde distintas fuentes permite un ciclo continuo de la gestión de negocios. Este ciclo, conocido como PDP, del inglés «physical-to-digital-to-physical», incluye la toma de datos del mundo real, derivados al análisis avanzado mediante las herramientas digitales que permiten identificar la información relevante que aplica las decisiones de vuelta en el mundo físico.¹¹

Se prevé que la Industria 4.0 afecte a todos los sectores, transformando los procesos de fabricación y sus productos. Esta evolución implica el impacto en la fuerza laboral, requiriendo que se adopten nuevas competencias y roles.

Los impactos de la Industria 4.0 se reflejan en tres niveles distintos: ecosistemas, organizaciones e individuos. En los ecosistemas se ven afectados todos los agentes involucrados, generando interacciones en una red integrada. Las organizaciones se hacen más receptivas y proactivas debido a la capacidad de ajustarse en tiempo real. A nivel individual existen dos posibles involucrados: los trabajadores, quienes pueden experimentar un cambio en los roles o métodos de trabajo, el segundo grupo que se ve reflejado en los clientes, que reciben unos servicios personalizados que satisfacen mejor sus necesidades.

Ante esta evolución de la tecnología surge la cuestión fundamental, cómo afectará a las diferentes industrias y en concreto a la arquitectura. Llegados a esta situación es lógico pensar que, al igual que en las otras revolu-

¹⁰ Fuente: Morera, L. H. J. (2022)

¹¹ Fuente: Caro, E. (2017)

ciones, el arquitecto será capaz de incluir las nuevas herramientas al sector de la construcción. La dificultad aparece cuando intentamos concretar cuáles serán esas herramientas que despuntan y cuáles son los beneficios que aportan. Además, hemos visto que estos avances pueden venir acompañados de inconvenientes.

2. Digitalización

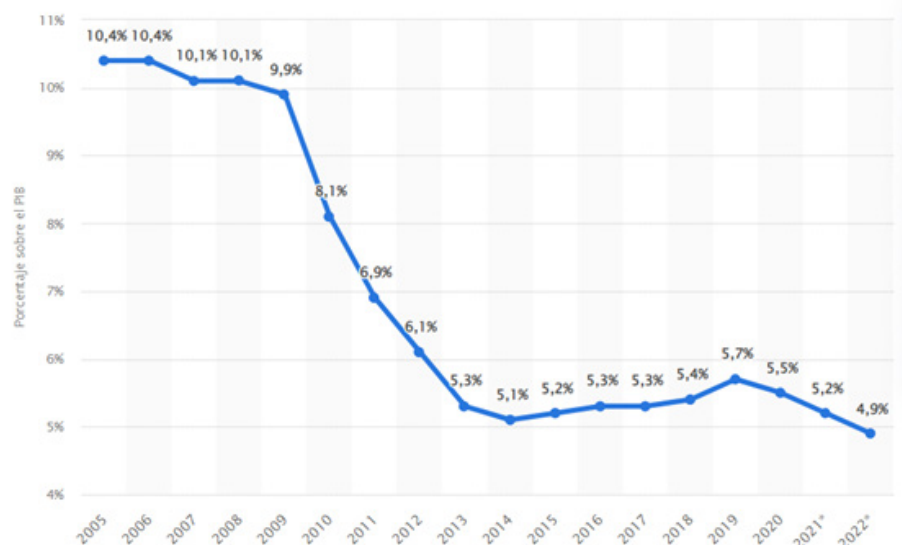
2.1 Punto de partida

Para comprender las posibilidades que presentan las tecnologías, en el mundo de la construcción, tanto las existentes como las futuras, es necesario entender el punto de partida. La influencia y la gran posibilidad de transformación digital del sector de la construcción tiene la posibilidad de ajustar los procesos constructivos en muchos aspectos: aumentar beneficios, mejorar la eficiencia o reducir la contaminación.

El tamaño del sector de la construcción en España contrasta con el bajo nivel de digitalización en la época en la que vivimos. Es común ver que los sectores con mayor peso en la economía ayudan a la digitalización de los sectores menos desarrollados, pero en este caso es al revés. La posibilidad de mejora en varios aspectos incluyendo la ayuda de la tecnología, hacen que destaque la falta de industrialización

El sector de la construcción tiene un peso importante en la economía del país, como se ve reflejado en el PIB, a pesar de los años de crisis, en los que se vio fuertemente afectado, bajando de un 10,4% a poco más del 5% desde 2005 a 2012. A partir del 2013 las compañías del sector han ido creciendo, a finales del 2021 había un total de 136.129 empresas inscritas en la seguridad social (aproximadamente 134.000 pequeñas, 1.760 medianas y 126 grandes empresas). Estas empresas generan 1.331.122 empleos, de acuerdo con el INE (Instituto Nacional de Estadística).¹²

Fig. 2.1: Gráfico del PIB en España de 2005 a 2022. Fuente: statista



¹² Fuente: statista

En España, la industria de la construcción, es el segundo sector que más empleo genera, solo por detrás de la agricultura. Pero también presenta un gran problema de cara al futuro: la escasez de mano de obra joven en el sector.

Es un error generalizar y llevar este problema a todos los agentes que intervienen en el proceso constructivo, ya que supone un campo muy amplio donde no todas las profesiones se encuentran en situaciones parecidas. El caso más alarmante es el de los albañiles, puesto que presentan una disminución de trabajadores con los conocimientos necesarios y los jóvenes no se ven atraídos por esta profesión. Los electricistas o los peones de obra pública por ejemplo presentan el caso contrario.¹³

Además de la influencia en la economía española, la industria de la construcción es uno de los sectores productivos que mayor impacto genera sobre el medioambiente. Actualmente, se encuentra a la altura de otros sectores como el de la alimentación, transporte, moda o energía. Además, contribuye a algunos problemas a nivel global como son la emisión de gases de efecto invernadero, la degradación del suelo y la contaminación del medio natural. El transporte del material a la parcela, la maquinaria de obra y los residuos generados durante toda la obra son principales agentes que generan esta contaminación a diario.

La contaminación activa que genera el proceso constructivo no es el único factor polutivo de la industria, también tienen un papel relevante las emisiones pasivas generadas a lo largo del proceso de vida de un edificio. La ineficiencia energética, las altas demandas eléctricas o el desorbitado nivel de escombros generados por la demolición de un edificio son aspectos que durante muchos años no se han tenido prácticamente en cuenta.

Hoy en día, encontramos normativas y restricciones que buscan, no solo reducir estos problemas sino contrarrestar los daños generados a lo largo del último siglo.

2.2 Beneficios

Para estudiar el nivel de digitalización del sector de la construcción y la ingeniería varias organizaciones han realizado diversos informes donde analizan el estado actual de la construcción. Gracias a estos informes se investigan diferentes ámbitos como la preparación digital y su estrategia, la transformación digital, la innovación de las herramientas y otros aspectos interesantes tanto para los empleados como para los dirigentes.

La plataforma Tecnológica Española de Construcción (PTEC) llevó a cabo la consulta “La transformación digital del sector construcción en España” en la que recaba información de los distintos agentes que intervie-

¹³ Fuente: Bertelsmann (s.f.)

nen en la construcción y las estrategias de transformación digital, con las barreras y retos a corto y medio plazo en España.

La mayoría de los encuestados consideran que el impacto de las nuevas tecnologías será moderado en las operaciones, mientras que las grandes empresas estiman que será elevado. La gestión interna y las facturaciones son los campos más digitalizados (con más del 80% de los encuestados) y las ventas, el menos digitalizado (43%). La gran mayoría de los participantes (98%) ven una gran oportunidad en la transformación digital, pero solo el 70% tiene una estrategia definida.

Las tecnologías Cloud son las más empleadas, seguidas por el Big Data, la ciberseguridad, el IoT, la impresión 3D, la IA, la robótica y en menor medida el BlockChain, las simulaciones, AR/VR. Aunque el dato más alarmante es que el 21% de las empresas no han implementado nuevas tecnologías, demostrando que existe una brecha considerable en el sector.



Figura 2.2: Gráfico de las respuestas recibidas en la encuesta. Fuente: PTEC

En cuanto a los trabajadores, el 37% no posee las capacidades ni la experiencia necesarias, mientras que por parte de los líderes es el 42%, diferencia mínima. Por otro lado, las habilidades con mayor deficiencia por parte de las organizaciones son la gestión y el análisis de datos, a las que acompañan el desarrollo de software y la gestión de proyectos digitales.

Otras empresas se han dedicado a estudiar el nivel de digitalización a nivel global. Dentro de estos informes se encuentran también, aunque en menor medida, empresas españolas, pero sobre todo destaca el hecho de que son más grandes que aquellas estudiadas en España.

“Global Construction and Engineering survey” es un informe realizado por Ernst & Young (EY), consultora multinacional con sede en Madrid. Para dicho informe, entrevistaron a varios ejecutivos pertenecientes a distintas empresas de la industria de la construcción, quienes, en total, sumaban más de 500.000 millones de dólares en ingresos.¹⁵

¹⁴ Fuente: PTEC (s.f.)

La encuesta indica que la digitalización es un aspecto clave para la evolución del sector debido a los beneficios potenciales como la gestión de procesos de comunicación, productividad y reducción de costes. La digitalización no significa aplicar nuevas tecnologías en momentos puntuales, requiere un plan estratégico definido. A pesar de que la mayoría de las empresas coinciden con este hecho, solo el 28% de los encuestados cuenta con una agenda y una estrategia digital definida, el 56% está en proceso de diseñarla y el 16% no la considera necesaria. La efectividad de estos procesos suele depender de la figura del Líder de Transformación Digital. El 58% ha nombrado a esta persona, además el 44% han añadido recursos, formación y tiempo extra de dedicación a la cuestión.

La transformación digital puede verse como una amenaza debido a la constante evolución de la tecnología, esta exige un proceso de aprendizaje continuo, además, la implementación de estas nuevas tecnologías no garantiza el buen funcionamiento. Ante esta falta de éxito surge el “fail fast”: fracaso rápido, aprendizaje y respuesta.

Según el informe existen cinco claves que impiden la captación y la retención de talento, además de la implementación de los cambios digitales:

- _Dificultad para integrar los distintos sistemas.
- _Falta de personal cualificado para supervisar, implementar y utilizar las tecnologías.
- _Dificultad para adquirir e implementar las nuevas tecnologías.
- _Creencia de la falta de efectividad en el sector de la construcción.
- _Falta de voluntad por parte de los clientes de pagar los sobrecostes.

El 63% de los consultados piensa que la innovación digital puede transformar su negocio, pero el 67% invierte menos del 1% del volumen del negocio en I+D Digital. El gasto promedio de las empresas encuestadas en I+D es del 3,8%.

Los sistemas digitales preferidos por los directivos del sector son ERP (74%) y BIM (79%), aunque solamente el 14% de los consultados tiene los sistemas completamente integrados y el 68% está trabajando en la integración.

En 2021, KPMG realizó el informe “No turning back. An industry ready to transcend” en base a una consulta global realizada a 186 profesionales del mundo de la construcción. Este informe analiza temas como la gestión integrada de riesgos, la diversidad, la equidad, la tecnología y la innovación en el sector.¹⁶

La mayoría de los encuestados coinciden en la necesidad de la digitalización de cara al futuro del sector puesto que las tecnologías adecuadas pueden mejorar la productividad, controlar la calidad y conseguir un modelo

¹⁵ Fuente: EY (2018)

más sostenible. Ante esta necesidad se plantean los altos costes iniciales, las barreras burocráticas, las limitaciones del transporte, los requisitos de seguridad, las restricciones de diseño y la falta de colaboración como principales desafíos. Por otra parte, destacan las posibilidades que ofrece la construcción modular y los materiales reciclados.

En 2018 Oliver Wyman realizó el informe “Digitalization of the Construction Industry: the Revolution Is Underway” donde examinan cómo la digitalización ha transformado el sector de la construcción.¹⁷

Entre las conclusiones plasmadas destacan que la digitalización ha desplazado el valor de la construcción hacia la ingeniería, el diseño y la gestión de instalaciones. Este proceso genera una gran cantidad de datos que requiere una adaptación constante para poder ajustar los costes.

También posicionan el uso de BIM es como eje fundamental variando su enfoque en función del rol en la cadena de valor e integrando una gran diversidad de tecnologías. Se estima que puede generar una reducción en los costes totales de entre el 15% y el 25%, impulsando la industrialización de los procesos y elementos de la construcción.

También destacan que es importante mirar la digitalización desde una perspectiva global, es decir, debemos ser conscientes de la complejidad de la estrategia digital. No se puede reducir una planificación a actuaciones tecnológicas puntuales, sino que debe integrarse en la organización, los procesos, y personas.

Por último recomiendan a las empresas priorizar la transformación y llevarla a cabo desde la dirección, de esta manera el cambio de mentalidad puede ser total. Para ello recomiendan además de aplicar la estrategia, comunicarlo de forma clara y sencilla a los empleados para hacerles conscientes de la evolución y que ayuden en la transición. En segundo lugar, recomiendan la evaluación de las expectativas de los clientes, los avances tecnológicos y el estado de digitalización respecto a la competencia para tener éxito en la evolución del mercado.

2.3 Nuevas tecnologías

Desde que entramos en la era digital los avances tecnológicos avanzan cada vez más rápido, las etapas evolucionan antes y duran menos tiempo. Este aumento en la velocidad de los desarrollos tecnológicos hace que la toma de decisiones respecto a la implementación de tecnologías adquiera un papel importante, puesto que resulta sustancial, a la vez que complejo identificar el sistema que mejor se ajuste a las necesidades de la empresa.

Las tecnologías emergentes ofrecen la posibilidad de optimizar tanto la productividad como la eficiencia o la sostenibilidad, algunos de los objetivos actuales en el campo de la construcción. Además, permiten la posibilidad de

¹⁶ Fuente: KPMG (2021)

¹⁷ Fuente: Oliver Wyman. (2018)

generar un entorno de trabajo más seguro, aumentando los estándares de seguridad y salud y reduciendo las posibilidades de accidentes laborales.

La mayoría de las tecnologías que surgen nacen con la idea de facilitar el trabajo en otros sectores laborales. De la gran utilidad y variedad de opciones actuales algunas han sido pensadas para el mundo de la construcción, otras, a pesar de haber sido ideadas para otros campos son adaptadas para ofrecer nuevos servicios de mayor utilidad para los arquitectos. Algunas de las más extendidas y que más potencial presentan son:

El **Big Data** es una herramienta utilizada en una gran variedad de sectores que trabaja recogiendo, gestionando, procesando o analizando datos que debido a su volumen, complejidad y velocidad de crecimiento resultaría casi imposible trabajar con ellos mediante herramientas convencionales. Los datos empleados pueden ser generados por casi cualquier tecnología moderna, maquinaria, ordenadores, teléfonos, vehículos, internet, GPS, etc. En el caso de la construcción destacan aquellos provenientes de drones, sensores o dispositivos IoT.¹⁸

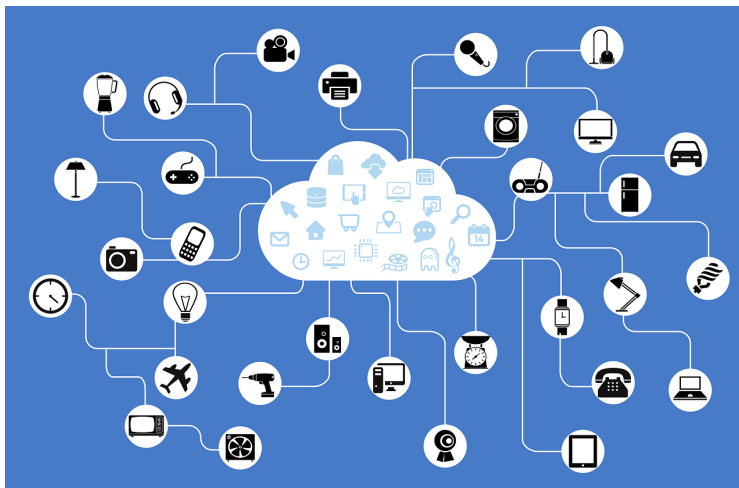


Fig. 2.4: Conexiones IoT entre elementos domésticos.
Fuente: Telefónica Tech

Mediante la gestión y el análisis de estos datos se pueden obtener patrones y tendencias útiles a la hora de realizar, planificar y construir un proyecto. Uno de los pasos fundamentales es la recolección de datos, ya que la calidad y cantidad de estos hacen que la eficacia de los modelos predictivos mejore exponencialmente. Además de la toma de datos es muy importante también la toma de decisiones y la interpretación correcta de los mismos.

Los **gemelos digitales** son una representación virtual de un edificio, los cuales, ayudados por BIM y otras herramientas de simulación, permiten recrear los procesos constructivos para detectar posibles errores o contratiempos. Estas simulaciones realizadas mediante edificios o infraestructuras virtuales reproducen la respuesta de nuestro proyecto ante las distintas posibilidades. A medida que se va construyendo el proyecto se va actualizando el gemelo digital añadiendo toda la información obtenida durante el

¹⁸ Fuente: Big Data: ¿En qué consiste? Su importancia, desafíos y gobernabilidad. (s.f.)

proceso constructivo, de esta manera se vuelve cada vez más preciso y posibilita una mejor toma de decisiones.¹⁹

Fig. 2.5: Comparación edificio / gemelo digital. Fuente: acca



La **Inteligencia Artificial** es el conjunto de capacidades cognoscitivas e intelectuales generadas mediante sistemas informáticos o algoritmos con el objetivo de replicar la inteligencia humana. Al igual que las herramientas anteriores a medida que se van introduciendo y analizando datos se va mejorando su rendimiento, es capaz de identificar patrones, tendencias y relaciones complejas. La IA es muy amplia y sigue evolucionando, pero las aplicaciones más directas dentro de la arquitectura actualmente son el diseño generativo, en modelado de precisión, los cambios de diseño en tiempo real y la gestión inteligente de recursos.²⁰

El diseño generativo es el proceso mediante el cual una IA, aprende y perfecciona la creación de diseños originales a través de comandos y parámetros impuestos y va produciendo automáticamente alternativas basadas en algoritmos de selección. Estos complejos modelos permiten la creación de una gran cantidad de diseños que de otra manera resultarían casi imposibles de concebir a un ser humano. Mediante descarte y evolución se llega a la situación óptima en relación con los parámetros indicados.

El modelado de precisión es una herramienta que tiene en cuenta detalles como la estructura, la temperatura, la luz o el tráfico en torno al edificio, variables vitales a la hora de diseñar un edificio. De esta manera se garantiza que la IA genera modelos viables a nivel ecológico y estético.

La **realidad aumentada y la realidad virtual (RA/RV)** complementadas por softwares de modelaje tridimensional son también una herramienta en auge. A la gran cantidad de posibilidades que ofrecen los programas BIM, se le añade la colaboración con un agente externo. La creación del modelo es necesaria para obtener los planos y los documentos necesarios para

¹⁹ Fuente: Ilarregui, L. (2023)

²⁰ Fuente: Inteligencia Artificial en la Arquitectura: ¿Qué es y cómo se aplica? (s.f.)

llevar a cabo un proyecto, por lo que la inmersión tridimensional que ofrece la realidad virtual es una mejora. La combinación de estos dos softwares puede ayudar a planificar y organizar la construcción del proyecto. Esta herramienta añade una capa de complejidad sensorial al modelo, que resulta de gran ayuda a la hora de tomar decisiones arquitectónicas, además permite a todos los agentes de la construcción que intervienen en el proceso formar parte, independientemente del nivel de formación, ya que supone una experiencia importante a nivel visual.²¹

La **impresión 3D** es una tecnología de fabricación automatizada aditiva que facilita la creación de componentes y piezas tridimensionales para la construcción. La rapidez y facilidad de creación de estos objetos hacen que sea de gran utilidad en casi todas las áreas de la cadena de valor del sector, además de la aplicación directa en obra o en fábrica. El elevado nivel de digitalización en el proceso hace que sea muy cómodo el diálogo de estos componentes con los modelos digitales. También se suele combinar con nuevos materiales más respetuosos con el medio ambiente, aumentando así además de la eficiencia y la calidad la sostenibilidad.



*Fig. 2.6: Impresión 3D con cemento en obra.
Fuente: ultracem*

El **BlockChain** es un registro inmodificable de transacciones y propiedades en tiempo real, esta “tecnología de ledger distribuido” (LDT) aporta transparencia y seguridad. Es decir, permite registrar las transacciones de manera confiable, siendo muy difícil hackearlas, protegiendo así la identidad de las propiedades y sus adquirientes. Puede gestionar todas las relaciones contractuales mediante conceptos como los Smart contracts, la verificación electrónica, la autorización y la certificación, características que complementan los modelos BIM, puesto que todavía no ofrecen estas posibilidades. El blockchain ofrece trazabilidad puesto que, una vez ha sido aceptado un avance, este no puede ser modificado, simplemente se permite añadirle información, certificando un proceso seguro donde se mantie-

²¹ Fuente: VR y Realidad Aumentada para arquitectura. (2022)

ne toda la información protegida. Esto introduce un nuevo nivel de responsabilidad a todos los agentes del proyecto, incluyendo al cliente. Supone la mejor respuesta en cuanto a ciberseguridad, ya que para realizar un cambio permanente es necesario atacar satisfactoriamente a todos los núcleos.²²

Todas estas herramientas suponen un salto de calidad notable aunque el verdadero potencial, reside en el uso combinado de ellas. La importancia de la digitalización en estas herramientas hace que compartan lenguaje y por ello la asociación de los diferentes softwares y hardware aumentan exponencialmente las posibilidades que ofrecen cada una. El Big Data o el IoT pueden ir cargando enormes paquetes de datos para que sean procesados y derivados mediante la IA, además se pueden ir visualizando o imprimiendo los resultados obtenidos, optimizando todo el proceso constructivo.

²² Fuente: El Blockchain y BIM: ventajas y potencialidades. (2021)

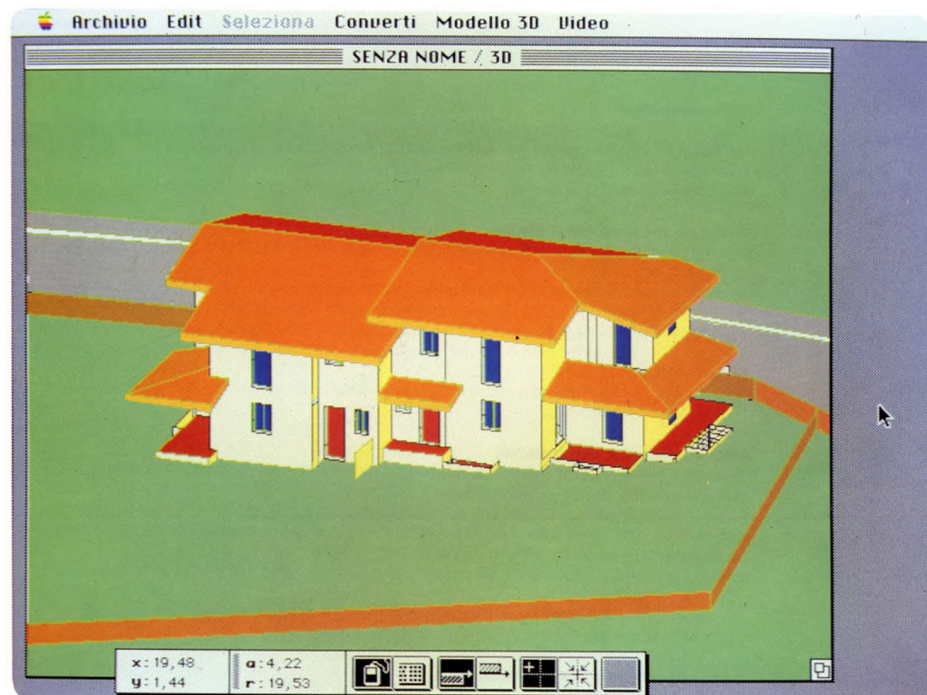
3. BIM

3.1 Contexto actual

BIM, acrónimo procedente del término inglés “Building Information Modeling” o “Building Information Management” es una estrategia de trabajo digital y colaborativa empleada para aumentar la eficiencia durante el proceso proyectual en el sector de la construcción.

El primer ejemplo en metodología BIM data de 1975 ante la necesidad de abarcar de manera digital los proyectos gráficos. En el libro “The use of computers instead of drawings in Building Design” se usa el término “Building Design System” para denominar al sistema informático que fuese capaz de dar soporte al diseño y la proyección arquitectónica modelando tridimensionalmente elementos empleados comúnmente en la construcción.

Fig. 3.1: Imagen del software en los años 80. Fuente: arch daily



En 1987 la empresa húngara Graphisoft Archicad publicó el software “Virtual Building”, idea origen de lo que hoy es conocido como BIM. Tras su publicación surgieron diversas propuestas y programas hasta que en 2003 salió el Programa Nacional 3D-4D BIM.

Desde entonces ha habido muchas empresas que han desarrollado y comercializado programas BIM, las más conocidas son:

_ AutoDesk: Revit 24, es el más extendido gracias a su capacidad para modelar con objetos paramétricos prediseñados, es muy útil de cara al modelado integral, el CDE es BIM 360

_ Graphisoft: ArchiCAD 27, es el software más intuitivo, con la curva de aprendizaje menor, además es conocido por los «smart objects», modelos 3D virtuales con una base de datos con información constructiva, el CDE es BIMx, uno de los mejores del mercado.

_ Nemetschek: Allplan 2024-1, es el software más expandido en Alemania y tercero a nivel mundial. Es una herramienta CAD con funcionalidades BIM, destaca por su plugin «Cine Render» y por las facilidades respecto al diseño de estructuras y la construcción con prefabricados, su CDE es Bimplus

_ Trimble: Tekla está enfocado al diseño de estructuras, por lo que destaca en el uso en las primeras etapas del proyecto, además es uno de los más accesibles para el usuario, su CDE es Trimble Connect.

BIM presenta tantas posibilidades que, a pesar de llevar tantos años desde su concepto inicial y todo el desarrollo que eso conlleva, se considera que sigue en desarrollo. El hecho de que se mantenga en estado de investigación hace que sea difícil acotar los límites de esta herramienta.

El objetivo por el que se desarrolló este software era poder garantizar la continuidad durante el proceso constructivo, manteniendo el valor de la información y un seguimiento exhaustivo constante. Para ello es muy importante comprender el flujo de datos con el que trabaja BIM, ya que posibilita el encadenamiento de elementos del sistema.

Los modelos BIM están formados por objetos o elementos que contienen una serie de metadatos. En función de la riqueza y madurez de estos metadatos obtenemos una mayor trazabilidad y facilidad de intercambio. Los datos con los que se trabaja pueden ser de tres tipologías diferentes:

E_Estructurada: bases de datos

S_Semiestructurada: hojas de cálculo

N_No estructurada: imágenes

Hoy en día, los softwares CAD siguen siendo la herramienta principal de trabajo en el sector de la construcción, desde el paso del papel a la pantalla han sido los programas hegemónicos, sin embargo, la manera de afrontar proyectos está cambiando, adaptándose y evolucionando en función a las tecnologías que van surgiendo y se van introduciendo en el mundo de la arquitectura. Estas nuevas herramientas permiten flujos de trabajo más eficientes y mejores resultados finales. Al igual que pasó en su momento con el CAD, BIM ha irrumpido en el mundo de la arquitectura y las ingenierías como una metodología de trabajo que mejora en muchos aspectos los procedimientos de trabajo tradicionales.

BIM podría definirse como una gran base de datos visual que contiene toda la información esencial para realizar la construcción de un proyecto. Representa un modelo de información diseñado para facilitar una metodología de trabajo colaborativa, donde además sea viable gestionar proyectos tanto arquitectónicos como de ingeniería civil.

La potencia de este software reside en la posibilidad del modelado de información, BIM ofrece una representación digital tridimensional de un proyecto con una precisión y detalle remarcables. Este, a su vez ofrece una base de datos que permite el seguimiento de las características de los datos relacionados con los elementos involucrados en el aspecto constructivo.

Esta aplicación consigue relacionar datos con los elementos que componen el modelo de manera que las posibilidades que surgen dentro de BIM y junto a softwares relacionados, permitan el control y acceso a datos como: despliegues de cantidad, estimaciones del presupuesto, gestión de espacios o evaluaciones energéticas.

Además de estas aplicaciones de BIM como base de datos, también supone un gran cambio en la manera de distribuir y entregar proyectos y documentos. Es interesante entender la diferencia entre modelo y representación:

_Modelo: el modelo se caracteriza como un «objeto, concepto o sistema de conexiones empleado para examinar un segmento de la realidad» o una realidad potencial de una manera directa y comprensible.

_Representación: las representaciones muestran la información que se encuentra en el modelo

La diferencia entre modelo y representación representa el mayor inconveniente de los programas CAD frente a BIM. A la hora de trabajar sobre un modelo se generan constantemente diferentes representaciones, ya sean bidimensionales, tridimensionales, físicas o digitales (lo que se conoce generalmente como planos, dibujos...) del modelo. Cada una de estas representaciones aporta información nueva sobre el modelo, pero no siempre están conectadas o relacionadas entre sí. Pueden tener información incompatible o contradictoria, es decir las representaciones no describen el mismo modelo, están relacionadas a “distintos modelos”.

De esta forma las representaciones solo tienen información aparente, una vista en planta puede contener información acerca de mobiliario, cerramientos a un nivel concreto, pero no sobre los materiales usados.

Ante estas dificultades surge la potencia de BIM como herramienta proyectual que permite optimizar estos procesos. Los responsables BIM de las distintas disciplinas trabajan sobre el modelo digital mediante las distin-

tas vistas añadiendo la información necesaria para definir completamente el modelo colaborativo.

A la vez que se va definiendo el modelo se pueden obtener representaciones para comprobar con el cliente que el proyecto avanza en la dirección adecuada. En caso de tener que modificar algún aspecto del proyecto solo hay que modificar el modelo, ya que las representaciones van vinculadas al mismo.

3.2 BIM en España

En los últimos años la metodología BIM ha ido aumentando su implantación a lo largo del mundo. En Europa, los gobiernos de diferentes países han lanzado estrategias de implementación asociadas a contratos del sector público, centrándose concretamente en la importancia del uso en la redacción, la ejecución y el mantenimiento.

Los países con mayor experiencia en la implementación del modelado BIM están alcanzando niveles elevados de proyectos de obra pública en los que esta metodología ha sido primaria. De esta manera se consigue una mayor optimización y se comienza el cambio de dinámica en la industria de la construcción, que poco a poco se va expandiendo al sector privado, buscando la implementación total.²³

La tendencia global muestra el crecimiento constante en la adopción de la metodología BIM. Algunos países que han seguido políticas a escala nacional impulsadas desde el sector público han sido apoyados por el sector privado, y ya han experimentado los beneficios que reporta el uso de BIM

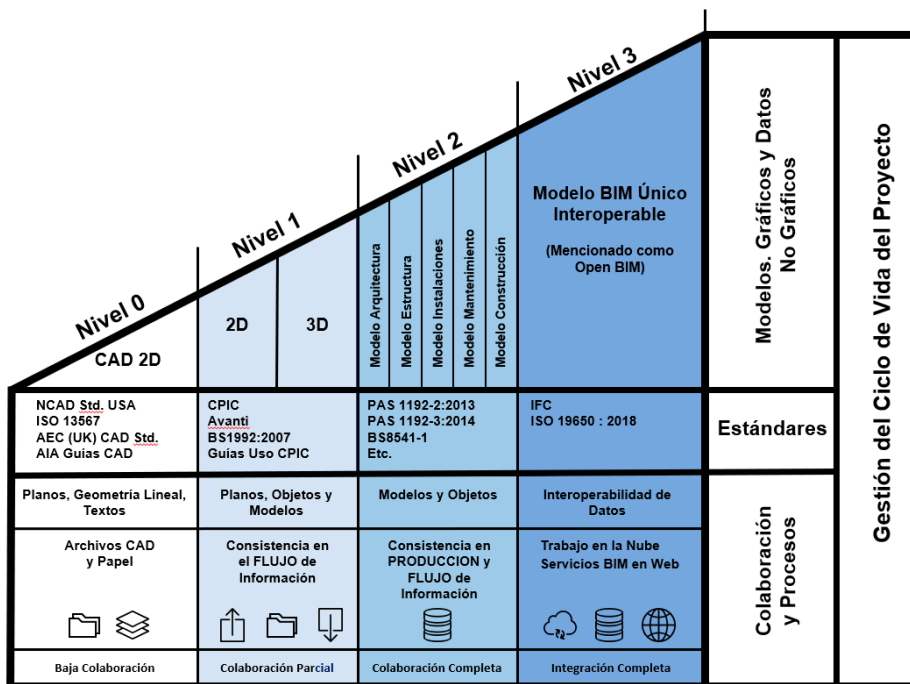


Fig. 3.2: Tabla de los niveles de implementación BIM em Reino Unido. Fuente: BIM en México

²³ Fuente: Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible. (2023)

a la hora de reactivar el mercado y generar nuevas oportunidades de negocio. Reino Unido es un ejemplo de referencia en la integración de BIM en la industria de la construcción. Desde la administración pública se impulsan leyes y reglamentos focalizados en la popularización y desarrollo de las tecnologías BIM. La evolución de las empresas se mide por niveles, donde se parte del CAD en el Nivel 0 y se concluye en el Nivel 3 donde la implicación de BIM es total.

_Nivel 0: PreBIM

Es el nivel base, implica el desarrollo de la información del proyecto empleando herramientas CAD para la creación de documentos, como planos y detalles constructivos. El proceso de generación de datos es muy simple puesto que no presenta prácticamente ningún nivel de colaboración entre agentes. Este nivel solo incluye dibujos, detalles bidimensionales y textos, donde los intercambios de información, en formato físico o electrónico, sin intercambio de datos, carecen de estándares o procesos generalizados. Supone el primer avance respecto a la generación manual de planos.

_Nivel 1: Modelo basado en objetos

En este nivel se utiliza un entorno común de datos (CDE) lo que implica la introducción de sistemas de coordinación mediante formatos y estructuras estandarizadas. La producción de documentos combina el CAD en 2D para los planos y en 3D para modelos conceptuales o de visualización digital. Se conoce como “lonely BIM” ya que es muy frecuente que durante el comienzo de implementación BIM las empresas trabajen de este modo, utilizando programas BIM sin que exista un modelo común ni intercambios de información entre disciplinas.

_Nivel 2: BIM colaborativo

Se conoce como “BIM colaborativo” implica la producción de modelos BIM en un entorno colaborativo con información adjunta, donde cada disciplina crea un modelo propio. Todas las disciplinas trabajan modelos 3D, pero no trabajan en un modelo compartido. La carencia fundamental nace de la manera de compartir información, una vez terminados los modelos de cada disciplina son ensamblados mediante formatos de archivos común, como IFC o COBie, en un gran modelo principal compartido que contiene toda la información. Algunas características clave son:

_Mayor desarrollo en el detalle del modelado 3D

_Mejora en los flujos de trabajo

_Nivel 3: BIM integrado

En este nivel, también conocido como “OpenBIM” implica que todos los agentes del proyecto trabajan un único modelo colaborativo compartido en tiempo real en la nube. Los distintos agentes trabajan sobre un modelo sincronizado en la nube de forma que pueden agregar, modificar, retirar o consultar todos los datos del proyecto. La implicación de diferentes disciplinas

conlleva beneficios como la mejora en la gestión de riesgos, la reducción en los costos de construcción, un diseño más integrado e información más fiable y precisa. Esto supone una mejora en la calidad y una comprensión mayor del proyecto. Algunas características clave son:

_Trabajo integrado en un entorno Colaborativo de Datos CDE

_Se eliminan los riesgos de conflicto, debido al trabajo en un único modelo

_Trabajo simultáneo en tiempo real

En España, desde el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenibles se ha lanzado el Plan BIM. Este programa instruye a los distintos órganos de contratación de obra pública a hacer uso de BIM. Esta estrategia progresiva va pautada por requisitos de información BIM y plantea la evolución por niveles desde 2024 hasta 2030.

El plan BIM tiene dos objetivos principales, en primer lugar, mejorar la eficiencia del gasto público, desde el ministerio estiman que la digitalización de los procesos de construcción, ingeniería y explotación pueden reducir entre el 10% y el 20% de los gastos de edificación de un edificio. En segundo lugar, busca promover la transformación digital dentro del sector de la construcción en España.

La mayor parte de las empresas en el sector de la construcción son consideradas microempresas, por lo que el acceso a la digitalización y la inversión inicial les presenta más complicaciones que aquellas de mayor tamaño y BIM se considera como una de las tecnologías de digitalización principal. Las PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas) en España son la tipología de empresa menos digitalizada. Por otra parte, se ha tenido en cuenta la configuración del mundo de la construcción para evitar que BIM suponga un impedimento del acceso a la contratación pública, contemplando la incorporación gradual y el uso de estándares abiertos.

En España durante el año 2022 el 1,4% de las contrataciones públicas de la Administración General del Estado, que supusieron 190 contratos por valor total de 761 millones de euros, solicitaron el uso de BIM. Con la implementación del Plan BIM, aprobada por el Consejo de Ministros en 2023, se prevé que la implantación alcance entre el 20% y el 25% del total.

En el Plan se ordena a los órganos de contratación pública la inclusión de BIM en los contratos del sector de la construcción, de acuerdo con un nivel de implementación en función del valor estimado del contrato. Es una instrucción interna obligatoria para la Administración General del Estado y todos aquellos organismos que dependan del mismo. Sin embargo, es una recomendación para los órganos de contratación del resto de organizaciones del sector público.

En el contrato se podrá exceptuar el uso de BIM justificando la excepcionalidad en los casos en los que su uso pueda ser una limitación a la concurrencia de licitaciones, por razones de urgencia, por causas ajenas al sujeto contratante, por falta de eficiencia o de rentabilidad o por motivos de seguridad del Estado.

El Plan BIM plantea que la introducción sea paulatina, para ello se ha diseñado una estrategia considerando tres variables principales: alcanza solo a contratos que superan determinado valor, depende de hitos temporales que han sido establecidos desde 2024 a 2030, dichos hitos van marcados por ciertos niveles de aplicación BIM.

La contratación pública ha determinado sus 5 niveles de implantación: preBIM, inicial, medio, avanzado e integrado, que van indicando a los órganos las acciones que deben seguir en la incorporación. Además, se incorporarán las prescripciones técnicas del contrato en los pliegos de prescripciones.

Fig. 3.3: Niveles identificados en el Plan BIM. Elaboración del autor.

Umbrales del valor estimado del contrato	Fecha de solicitud obligada			
	1 abril 2024	1 octubre 2025	1 octubre 2027	1 abril 2030
Igual o superior a 5.538.000 €*	Nivel inicial	Nivel medio	Nivel avanzado	Nivel integrado
Inferior a 5.538.000 €* e igual o superior a 2.000.000 €	Nivel recomendado inicial	Nivel inicial	Nivel medio	Nivel avanzado

*Cuantía actualizada aplicable a partir del 1 de enero de 2024

3.3 Dimensiones

Existen diferentes maneras de clasificar las disciplinas y aplicaciones de BIM, la más común, y que está directamente relacionada con el esquema tradicional es la jerarquización por equipos especializados. En este esquema sobresalen la arquitectura, la ingeniería y la construcción como disciplinas con más peso a la que se le van añadiendo otras profesiones del sector, como el facility management, las empresas manufactureras y otros agentes como empresas promotoras, administraciones, o incluso los propios usuarios.

Otra manera de clasificar sin jerarquizar de manera tan directa las profesiones es la que define BIM a través de sus dimensiones y posibles aplicaciones. De este modo se concibe el modelo BIM como un elemento más desarrollado cuantas más dimensiones abarque.²⁴

A diferencia de otros métodos proyectuales, BIM consigue unificar las dimensiones, en vez de trabajarlas independientemente, es decir, a la vez que se desarrolla el modelo tridimensional se va ajustando el presupuesto o se van generando simulaciones de sostenibilidad.

²⁴ Fuente: García, D. y Morales, F. (2021)

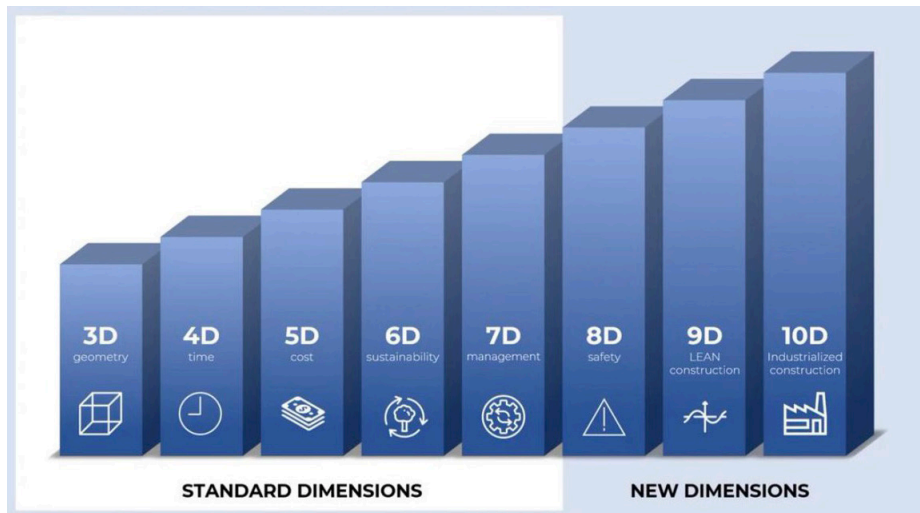


Fig. 3.4: Esquema de la progresión de las dimensiones BIM. Fuente: BuildEXT

Las principales aplicaciones de BIM en función de las dimensiones son:²⁵

Modelo 1D: concepto

La dimensión 1D es fundamental para el desarrollo al comienzo de un proyecto abordando las características principales, los condicionantes y la normativa vigente. Durante este proceso se pautan objetivos, estrategias de implementación y usos de BIM.

Cuando se empieza un proyecto colaborativo en BIM el BEP (Plan de Ejecución BIM) es un documento fundamental. Está liderado por el BIM Manager, en él se establecen los entregables BIM y coordina los equipos implicados, garantizando una ejecución efectiva basada en las necesidades del cliente y el proyecto. El BEP abarca aspectos como estrategias y objetivos BIM, responsabilidades y roles, flujos de trabajo y de información, colaboraciones, planificaciones, garantías, revisiones y mejoras.

Modelo 2D: Vector

La dimensión 2D se centra en concretar el desarrollo BIM del proyecto en documentos tangibles. Es esencial centrarse en la dirección precisa y concretar los límites, evitando la sobreproducción de archivos no requeridos. Este exceso de producción es normal en el uso del software y suele conllevar pérdidas de calidad en los documentos entregados. Algunos elementos destacados de esta dimensión son:

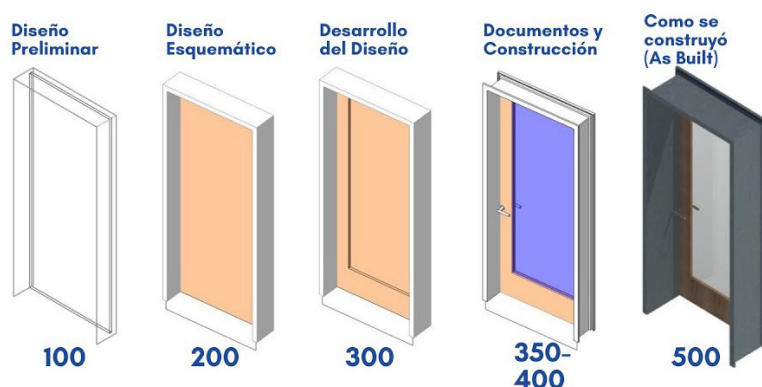
Parametrización: Aprovecha la inteligencia del modelo BIM para adaptarse a cambios conservando la esencia y la dirección mediante programación.

Estandarización: La adaptación a formatos y procedimientos estándar dota de calidad y flexibilidad a los proyectos, facilitando la accesibilidad a los mismos. Para ello las administraciones que gestionan la implantación de BIM generan guías para fomentar la interoperabilidad entre plataformas BIM. Algunos de los estándares más expandidos son:

²⁵ Melovics, C.(2022)

- IFC (Industry Foundation Classes): es el formato estándar de archivo neutral y código abierto que facilita la interoperabilidad entre programas BIM y permite la gestión de la información del proyecto de manera federada
- COBie (Construction Operations Building information exchange): Estructura la información producida durante la construcción para usarla en Facility Management, definiendo estructura y formatos.
- LOD (Level Of Development): o nivel de desarrollo, define la fiabilidad de la información que contiene un elemento BIM tanto en cantidad (LOI: Level of Information) como en su desarrollo geométrico (LOG: Level of Geometry).
- OCCS (Omni Class Classification System): Sistema de clasificación en el sector de la construcción empleado para organizar librerías de materiales, documentación asociada e información del proyecto, proporciona una estructura clasificada de bases de datos.
- BFC (BIM Collaboration Format): Formato estandarizado de comunicación de conflictos en el modelo durante el proyecto, facilita el intercambio de información entre plataformas BIM.

Fig. 3.5: Esquema gráfico que representa los niveles de detalle. Fuente: baunetzwissen



Modelo 3D: Forma

En la dimensión 3D se aborda el modelado geométrico, enfocándose en la representación realista de los elementos y sus materiales del proyecto. Se apoya en:

- Recorridos virtuales: son herramientas de visualización basadas en la animación que permiten a los diseñadores y contratistas recorrer el edificio. Esta herramienta permite identificar y detectar errores en el proyecto antes de ser construido.
- Detección de colisiones: son herramientas que identifican y resuelven incidencias entre sistemas durante la fase de diseño, evitando que lleguen a ejecutarse en obra.
- Impresión 3D: la sinergia entre BIM y las herramientas de impresión 3D permiten la creación tanto de maquetas como de elementos constructivos

_Modelo4D: Tiempo

El modelo 4D se centra en la asociación de elementos mediante una planificación temporal en vez de en aspectos geométricos, como las dimensiones anteriores. Esta planificación temporal permite anticipar los posibles problemas que puedan surgir durante la fase constructiva. Las herramientas básicas para esta dimensión son:

- Planificación de la construcción: los modelos BIM permiten generar un escenario virtual en el que verificar la logística y los procesos planteados para la ejecución de obra. Añadiendo los elementos temporales como grúas o camiones y diseñando la ruta de los distintos agentes en la construcción se puede comprobar los aspectos de seguridad de la obra.
- Visualización de las fases constructivas: los softwares BIM en relación con herramientas auxiliares facilitan la vinculación de diagramas de Gantt de planificación con el modelo para realizar animaciones visuales de las secuencias constructivas.

_Modelo5D: coste

El modelo 5D resulta una de las dimensiones más efectivas de los sistemas BIM, se permite añadir datos de costes reales vinculados al modelo. Esta información puede ser añadida como atributos a cada elemento representado o se puede vincular mediante softwares a bases de datos, donde se asocian partidas de obra del programa a los componentes del modelo

_Extracción de mediciones: Esta sistematización de las mediciones aumenta la eficiencia y reduce el porcentaje de error, ya que las mediciones manuales y la desactualización de precios aumentaban el margen de error. El enlace de los las mediciones con el modelo permiten tener las tablas de superficies constantemente actualizadas según varía el modelo.

_Estimación de costes en tiempo real: mediante la asociación de datos relativos a costes activa la funcionalidad de cálculo automático de costes de materiales y componentes. Esto proporciona un valor añadido para los campos de arquitectura, ingeniería y construcción, requiriendo la labor profesional de experto en presupuestos y estimaciones.

_Modelo6D: sostenibilidad

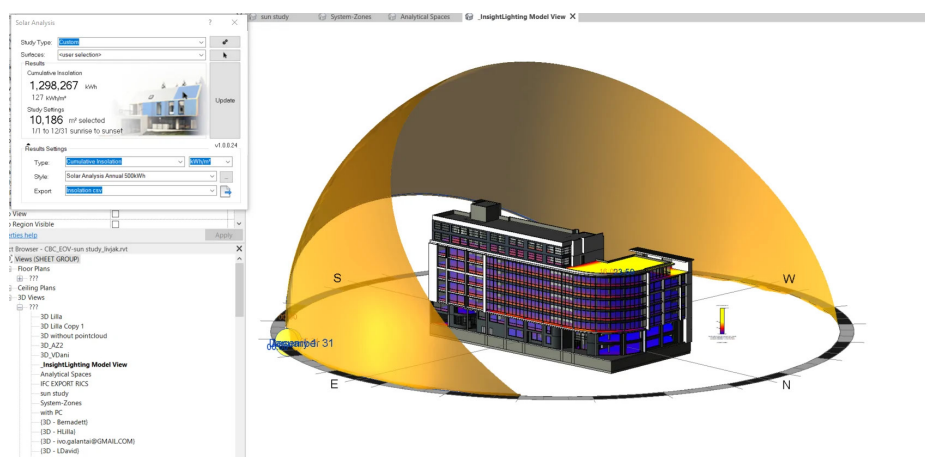
La dimensión 6D trata principalmente el ahorro energético y el diseño sostenible, además también trata el concepto de ingeniería de valor. Esto consiste en la optimización de los sistemas constructivos, estructuras e instalaciones, optimizando los costes sin rechazar la esencia ni las garantías de funcionamiento durante el uso del proyecto.

_Simulaciones energéticas y certificaciones: se generan modelos analíticos donde se realizan cálculos y simulaciones obteniendo una mejora del proyecto. Estas simulaciones se realizan en plataformas específicas que necesitan información muy específica y características geométricas que ade-

más requieren la supervisión de especialistas, como en el caso de las certificaciones LEED.

Gestión del ciclo de vida: el modelo BIM se diseña durante la fase proyectual y se convierte en un modelo “as built” cuando se actualiza a medida que se va construyendo. Este modelo se entrega posteriormente al propietario, en el contiene especificaciones para el mantenimiento, la gestión de operaciones o información de la garantía de los productos y sistemas empleados, facilitando la gestión durante la vida útil del edificio.

Fig. 3.6: Diagrama de análisis del soleamiento en Revit. Fuente: BuildEXT



Modelo7D: mantenimiento

La dimensión 7D se lleva a cabo la gestión operativa y el mantenimiento del edificio y sus componentes una vez finalizada su construcción, durante toda su vida útil. En este nivel el software BIM se encarga de realizar un seguimiento de los datos provenientes de los componentes, especificaciones, manuales de uso y mantenimiento, garantías... Gracias a esta herramienta, BIM optimiza y facilita la gestión del edificio al facility manager, quien puede:

Gestionar los activos y la sustitución y mantenimiento de los elementos.

Garantizar la seguridad y el cumplimiento de las normas de uso y mantenimiento a lo largo de la vida del edificio.

Estas son las dimensiones principales, a las que últimamente se le han añadido tres nuevas, aunque el debate sigue abierto:

Modelo8D: seguridad y salud

La dimensión 8D se encarga de añadir información relacionada con los procedimientos de seguridad y salud al modelo geométrico. Gracias a esta información el modelo puede prevenir riesgos e identificarlos procedimientos que deben aplicarse a las diferentes situaciones de riesgo durante la construcción para poder disminuir los accidentes. La visualización de la obra desde el comienzo hasta el final permite reproducir los escenarios posibles, anticipándose a riesgos evitables. Los beneficios son:

- _Generación de una imagen completa de los posibles escenarios, formando así a los trabajadores

- _Elaboración de planes de seguridad actualizados

- _Identificación y análisis de las opciones de diseño de seguridad mas adecuadas

_Modelo9D: lean construction

La dimensión 9D permite digitalizar el proceso constructivo, agilizando y optimizando todos los pasos de la fabricación. La construcción ajustada o Lean Construction (LC) centra la optimización en la gestión de recursos materiales, ajustándose las necesidades durante la construcción y minimizando los residuos. Mediante la supervisión de los materiales se idean estrategias que permiten agregar valor al proyecto a raíz de lo que serían residuos, como fragmentos o piezas impares. De este modo se puede:

- _Aprovechar mejor los materiales

- _Mantener el presupuesto sin sobrecostes de material innecesarios

_Modelo10D: construcción industrializada

La dimensión 10D tiene como objetivo industrializar por completo el proceso de fabricación de un edificio mediante la implementación de otras tecnologías ajenas a BIM. La gestión de datos provenientes de los nuevos sistemas y los datos físicos, comerciales y medioambientales mediante un BIM management system permite alinear los actores que intervienen en el ciclo de vida de un edificio consiguiendo la máxima optimización del edificio. Las ventajas principales que aporta:

- _Reducción en los tiempos de construcción

- _Optimización de los costes de construcción

- _Mejora en los requisitos de seguridad y salud

- _Aumento de la calidad

- _Control total a lo largo de la creación de cada componente del edificio

- _Desvinculación total de los condicionantes meteorológicos que afectan a la construcción.

4. Casos de Estudio

Metodología y herramientas

Tras un estudio en profundidad del estado actual de la industrialización y BIM podemos entender mejor cuales son los aspectos positivos y negativos que encuentran las empresas a la hora de decidir aplicar estas nuevas estrategias. La industrialización aporta eficiencia, precisión y sostenibilidad, objetivos principales en el mundo de la construcción, aunque requiere una gran inversión inicial. Como contrapunto se entiende que intentar abarcar todo el sector mediante construcción industrializada actualmente resulta inviable, por motivos de normativa, diseño o meramente técnicos. De las nuevas tecnologías estudiadas, BIM posee una gran sinergia con la industrialización, por lo que es común encontrarlas como herramientas parejas en grandes empresas. También conocemos convenientes e inconvenientes que se encuentran las empresas a la hora de digitalizar, que, aunque sea diferente a la aplicación de la metodología BIM, nos ayuda a predecir cuales pueden ser las dificultades que encuentra esta metodología.

En este capítulo se procede al estudio exhaustivo de las empresas españolas que industrializan algún componente de la vivienda colectiva. Para ello se procede a crear un listado de 87 empresas, en el que se recogen una gran parte de las empresas que industrializan la vivienda. En el listado se incluye también una clasificación en cuanto a materiales, uso e industrialización.

Fig. 4.1: Montaje de paneles en el laboratorio de woho



Estudio

En primer lugar, se hace un estudio general de las distintas empresas con mayor nivel de industrialización. Se clasifican y agrupan en función de características comunes para facilitar la comprensión de las empresas y aumentar la efectividad de la investigación. La razón por la que se utiliza una muestra tan amplia es para poder obtener información actual del nivel de industrialización y entender el contexto en el que se encuentran.

Para este paso se emplean principalmente las páginas web de las distintas empresas además de redes sociales y documentos relacionados con estas en Internet. En algunos casos, con la voluntad de avanzar hacia el siguiente paso me he puesto en contacto con los responsables de comunicación de las empresas para preguntar acerca del nivel de industrialización o de implementación BIM. Gracias a estas primeras tomas de contacto con las empresas, he podido ir entendiendo como afrontar la encuesta y cuales podían ser los perfiles más interesantes de cara a las entrevistas

Encuesta

El siguiente paso es reducir la muestra y estudiar a fondo las empresas que, por sus modos de proceder resultan de mayor utilidad e interés de cara a la investigación. Para ello, se repiten los procesos anteriores, la investigación mediante la información obtenida en Internet, pero en este caso el estudio es más exhaustivo. Para complementar la información obtenida previamente he preparado una encuesta que he mandado a todas las empresas seleccionadas. Esta encuesta, de 15 preguntas de selección única o múltiple y tres preguntas generales, establece la base del siguiente punto.

Entrevistas

Por último, se procede a realizar entrevistas a miembros del equipo BIM de las empresas seleccionadas: Hermo, Modulya, Compact Habit y WoHo, a través de las cuales puedo comparar las respuestas para comprender el estado de la implementación BIM en las empresas.

4.1 Clasificación de empresas

De acuerdo con la Asociación Española de Construcción Industrializada, se pueden clasificar los edificios industrializados en función de las tipologías, materiales, nivel de montaje en obra y los elementos que industrializan.²⁶

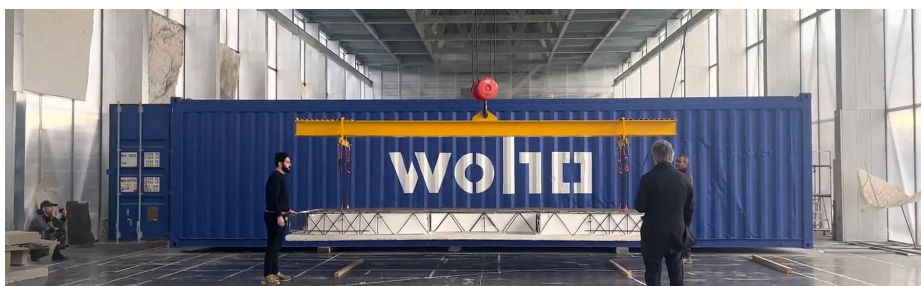


Fig. 4.2: Montaje de forjafo dentro del laboratorio de woHo. Fuente: WoHo

²⁶ OCH: Guía sobre industrialización en la construcción - OCH. (2023)

_Montaje en obra

_2 panel: Engloba aquellos sistemas basados en la fabricación de unidades bidimensionales planimétricas empleadas como forjados, muros, cubiertas o cerramientos, pueden trabajar como elementos estructurales. Pueden ser solamente un esqueleto estructural o pueden estar formados por distintos elementos como aislamientos, impermeabilizantes, revestimientos o acabados

_3d volumen: Engloba aquellos sistemas basados en la fabricación de unidades volumétricas realizadas en la fábrica bajo unas condiciones controladas que son posteriormente desplazadas hasta la parcela, donde son ensamblados. Estos sistemas prefabricados aportan la estructura principal, pueden incluir espacios habitacionales completos o parciales y espacios comunes.

_Componentes: Engloba todos aquellos elementos fabricados en un taller, pueden ser componentes como escaleras, vigas, pilares y otras estructuras no ejecutadas en obra, independientemente del material, ya sea hormigón, acero o madera. Suelen ser elementos de la estructura principal, pero podrían ser también de la estructura secundaria.

_Mixto: Engloba aquellos sistemas de montaje en los que, en una misma obra tienen lugar tanto la construcción in-situ como el ensamblaje de elementos industrializados. Los elementos industrializados pueden ser bidimensionales, tridimensionales o componentes. Mejora el proceso constructivo respecto a la construcción tradicional pero no llega a obtener la totalidad de los beneficios que presenta la construcción off site.

_Completo: engloba aquellos sistemas en los que el montaje en obra de componentes procedentes de la fábrica se acerca a la totalidad. Hay procesos constructivos como la cimentación o el sellado que tienen lugar en obra, por lo que simplemente se pueden simplificar estos procesos. Este ensamblaje está asociado a una industrialización mayor, aunque no todos los elementos procedentes del taller tienen que ser industrializados.

_Materiales

_Madera: debido a la naturaleza del material es muy común encontrar la madera entre los materiales empleado en la industrialización. La necesidad de cumplir con los estándares de seguridad hace necesario su paso por el taller. Dentro de la madera se encuentran varios tipos:

- Madera estructural: MET (Mass Engineeres Timber) es madera maciza formada por varias capas de madera laminada unidas mediante fijaciones adhesivas o físicas, con los que forman paneles (2D) o perfiles (3D). Dentro de este tipo existen varios productos: CLT, GLT, DLT, NLT, LSL, LVL, PSL o MPP.

- Entramados de madera: TF (Timber Frame) es un sistema estructural formado por elementos verticales, horizontales y diagonales que crean un conjunto estable. Están formados por entramado, cerramiento y reves-

timiento. Todos los elementos deben tener clasificación estructural, tanto los perfiles como los tableros, pueden ser de madera aserrada estructural, de madera aserrada estructural con empalmes por unión dentada, madera laminada, micro laminada, contrachapados, de partículas o de virutas...

_Acero: desde sus orígenes está relacionado con la industria, ya que necesita ser forjado en una fábrica, además de presentar características idóneas para ser producido en fábrica, existen dos tipos:

Acero galvanizado ligero (LGS): también conocido por su término inglés Steel Framing, son muy similares a los entramados de madera estructural, pero se sustituyen los maderos por perfiles metálicos de acero. Son conformados en frío, es decir a temperatura ambiente y durante el proceso pueden ser doblados y adaptar cualquier forma, lo que los hace sumamente versátiles.

Acero laminado en caliente (HRS): este acero es más sencillo de producir, moldear y conformar. Se calienta a 926° y se lamina hasta dar la forma deseada, una vez terminado se deja enfriar, este proceso puede generar contracciones en la forma final, por lo que el control sobre el resultado final es menor.

_Derivados del hormigón y el cemento: Estos materiales suelen ser empleados en la construcción tradicional pero cada vez es más común ver elementos prefabricados empleados en construcciones industrializadas.

_ Elementos Industrializados

Baños/ cocinas: se tratan de módulos tridimensionales en los que se encuentran todos los elementos necesarios como duchas, lavabos, retretes, acompañados de las instalaciones necesarias para que una vez transportado a obra solo sea necesario sellar las uniones. Estos módulos ofrecen gran cantidad de posibilidades de personalización, por

ejemplo los paramentos (acabados, tabiquería, techos) sanitarios (grifería, ducha lavabo, bidé inodoro), instalaciones (calefacción, electricidad) otros accesorios (enchufes, luminarias, mamparas o elementos de accesibilidad). El 700% de los oficios en obra son generados en baños y cocinas, ocupando hasta el 35% del tiempo de ejecución. Sacar estos procesos de montaje de la obra agiliza los tiempos y facilita el trabajo, manteniendo aspectos como la calidad o la sostenibilidad y mejorando la gestión de residuos en obra

Completo: se industrializan módulos completos, en los que se incluyen la estructura y cerramientos, además de las particiones interiores o instalaciones. Estos módulos pueden ser de viviendas, oficinas, colegios, hospitales, hoteles... y acogen todo el programa necesario, ya sean habitaciones, baños, espacios comunes o técnicos particulares. Esta solución permite industrializar todos los elementos que forman parte del módulo para ser ensamblados posteriormente en fábrica y ser transportados a obra. La posi-

bilidad de modular grandes edificios acelera el proceso de construcción ya que el tiempo invertido en obra consta simplemente de la cimentación y el sellado de los módulos.

Envolvente: entre estos elementos industrializados se encuentran muros, fachadas, forjados o cubiertas. Estos sistemas industrializados son bidimensionales, suelen contar con varias capas para ajustarse a las necesidades de seguridad y salud. Los paneles presentan una gran variedad de materiales y acabados, pero suelen tener menor posibilidad de personalización. Pueden ser ensamblados en el taller, pero lo normal es ensamblarlos en obra, donde se puede mezclar con estructuras hechas in-situ como con proyectos con un alto nivel de industrialización.

Estructura: las empresas se dedican a industrializar los elementos que forman parte de la estructura primaria del edificio, pueden ser pilares, vigas, paneles portantes, jácenas, losas, escaleras. Destacan las empresas que trabajan con hormigón armado debido a la construcción habitual sea in situ, mientras que las estructuras metálicas como pilares o vigas son elementos industriales comunes. La industrialización de estos elementos permite crear moldes que son utilizados en repetidas ocasiones para replicar de manera exacta el mismo ejemplar. El uso de moldes permite una gran libertad de formas, ya que resulta sencillo crear un nuevo molde para una nueva necesidad. Estos elementos estructurales destacan por las uniones que presentan, ya que cambian respecto a los elementos fabricados en obra.

_Tipología

Vivienda Unifamiliar: esta tipología es la más común ya que se centra en viviendas destinadas al uso de un cliente. Suelen estar formadas por entre 1 y 4 módulos, que abarcan desde los 40 m² hasta los casi 200. Estas construcciones se consideran edificios pequeños, ya que no es habitual que superen las 3 alturas, considerándose edificios relativamente simples en cuanto a instalaciones y estructura. El hecho de estar dedicadas a propietarios únicos permite más libertad en la personalización, lo que en algunos casos lleva a pérdida en el nivel de industrialización.

Vivienda Colectiva: esta tipología es la más amplia, ya que además de estar formadas oír los conjuntos de viviendas se pueden incluir edificios como residencias u hoteles. La complejidad de estos edificios reside en la cantidad de módulos empleados para la construcción y la necesidad de estos de ser apilados para crecer en altura ya que pueden ser una gran cantidad de módulos divididos entre 4 y 9 alturas. Es habitual encontrar el edificio dividido por módulos de viviendas de 1, 2 o 3 habitaciones de manera que coincidan en la organización y encajen.

Industrial: es la tipología menos común debido a la sencillez de sus elementos. Es habitual encontrar empresas que industrialicen elementos tan-

to de la estructura como del cerramiento, pero no se han encontrado empresas que industrialicen elementos tridimensionales para estos edificios. La complejidad de estas construcciones radica en las grandes dimensiones de los elementos que la forman, ya que suelen cubrir grandes luces y una altura de forjado superior a los 5 metros. En lo que a la estructura se refiere suelen ser sencillas y con acabados simples.

Empresas

De las 87 empresas estudiadas observamos que hay una gran heterogeneidad en todos los aspectos. Hay empresas representantes de casi todos los aspectos mencionados en la clasificación. Respecto a la tipología de negocio, destacan las constructoras, aunque también se encuentran estudios, ingenierías y otros tipos de negocio. El material más empleado es el hormigón, con aproximadamente un 75% de las empresas, esto se debe a las facilidades que presenta el hormigón para ser fraguado en fábrica. Un gran número de empresas industrializan elementos estructurales de hormigón armado. La sustitución de los moldes empleados in situ a base de madera por aquellos más duraderos y reutilizables empleados en la fábrica hacen que además de mejorar los resultados técnicos sean más sostenibles. La madera, el acero y las estructura mixtas representan el 25% restante.

Los sistemas industrializados presentan más variedad, aunque destacan las empresas que industrializan la estructura, la envolvente o ambas. Esta combinación de una o ambas ocupa el 88% de las empresas, aunque simplemente aquellas que industrializan ambas representan el 51% del total. En segundo lugar, quedan las 9 empresas que industrializan por completo. Por último, queda destacar las 3 empresas que se centran en baños o cocinas y la que se centra en las instalaciones. Hay muchas empresas que han evolucionado de constructoras fundadas en el siglo XX que han industrializado los elementos con los que trabajaban en los comienzos por lo que se centran en la estructura.

El uso destacado es el residencial colectivo, que ocupa más del 50% de las empresas, mientras que el residencial unifamiliar presenta el 41%. En este punto encontramos una diferencia sustancial en los procesos constructivos. Las empresas que fabrican viviendas unifamiliares presentan procesos constructivos más simples, las viviendas son de 1 o 2 pisos, con un nivel de industrialización bajo, donde los componentes son el protagonista. Sin embargo, la vivienda colectiva presenta más casos de empresas que construyen en altura, esta condición también afecta al tamaño, por lo que la construcción off site adquiere un papel más importante.

Actualmente el tipo de construcción en España mayoritario es la construcción in situ: es decir la mayoría de los procesos tienen lugar en el emplazamiento final del proyecto. Este tipo de construcción suele ir asociada a los métodos de construcción húmedos, la variación entre el proyecto

planteado y el ejecutado, los tiempos de espera y la sincronización entre los agentes de la obra.²⁷

La construcción off site podría definirse como aquella construcción en la que la mayoría de los procesos constructivos tienen lugar en un lugar distinto al emplazamiento final del edificio. Estas características generales hacen que conceptos como la prefabricación, la estandarización o la digitalización vayan estrechamente relacionados con la construcción off site

Es importante entender que la construcción off site es un nuevo proceso constructivo y no un producto, es una manera nueva de hacer arquitectura, donde gran parte de los componentes se producen en un taller o una industria y una vez concluidos son transportados a obra. No se debe confundir con otros términos como la prefabricación o la modulación que son en sí mismos estrategias englobadas en el proceso constructivo.

En este caso, vemos que la vivienda colectiva tiene mayor número de empresas de construcción off site, donde destaca el montaje de volúmenes tridimensionales.

4.2 Análisis

De las 87 empresas que recibieron la encuesta, han respondido 23. No representa una muestra real ni permite sacar conclusiones generalizables al resto de las empresas, pero es suficiente para entender el contexto de implementación BIM en las empresas que industrializan la vivienda, objeto principal de la misma.

La razón por la que es difícil generalizar los resultados es por la diferencia de empresas que han respondido respecto a las del conjunto. Por ejemplo, de las 9 empresas que trabajan la madera, han respondido cuatro (Arquima, Wes, Egoín y Medgón), o de las 10 empresas que trabajan el acero simplemente han respondido 2 (Steelframing y Alucasa) las cuales trabajan ambas con acero galvanizado, dejando el acero laminado sin representantes.

Cabe destacar que las empresas que trabajan con hormigón han presentado más inconvenientes a la hora de responder la encuesta, debido a políticas interiores de la empresa relacionadas con el «know how». Contrasta con los mensajes recibidos por parte de las empresas que trabajan con otros materiales, ya que han mostrado mayor disponibilidad a la hora de resolver dudas.

De las 23 empresas que han participado en la encuesta, 15 ya han implementado BIM en su empresa lo que representa un 65%, valor elevado, que contrasta con las expectativas tras el estudio inicial. Este valor puede ser engañoso, ya que las empresas que no emplean BIM tienen mayor probabilidad de haber ignorado la encuesta. El número de empresas que han im-

²⁷Prensa, B. I. M. (2023)

plementado BIM puede cambiar en los próximos años, ya que 3 de las 8 empresas que aún no lo emplean muestran la intención de implementarlo.

2. ¿Trabajan con BIM en su empresa?

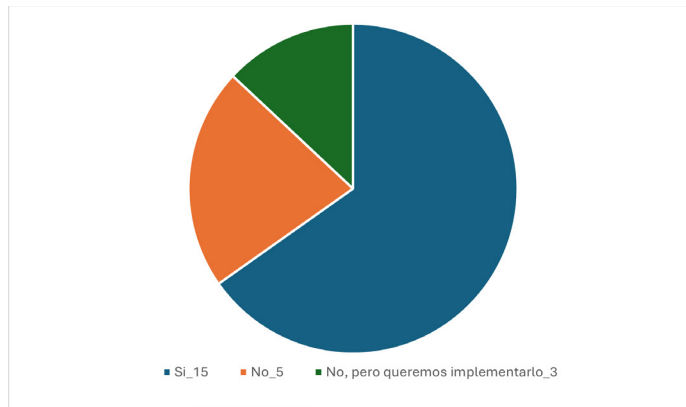


Fig. 4.3: Gráfico obtenido de la 2ª pregunta de la encuesta. Elaboración del autor

Como se había mencionado anteriormente, de las 15 empresas que han implementado BIM, solamente 7 emplean el hormigón como material principal, acompañadas de 4 empresas que emplean la madera, 3 estructuras mixtas y simplemente una de acero.

El programa BIM más empleado es Revit, con 10 empresas, de las cuales 6 tienen un montaje en obra completo, en el resto de programas la relación no es tan favorecedora. Esta cifra habla de las facilidades que presenta Revit a la hora de optimizar la construcción off site respecto a programas como Tekla o Archicad.

3. ¿Cuál es el software de modelado BIM empleado?

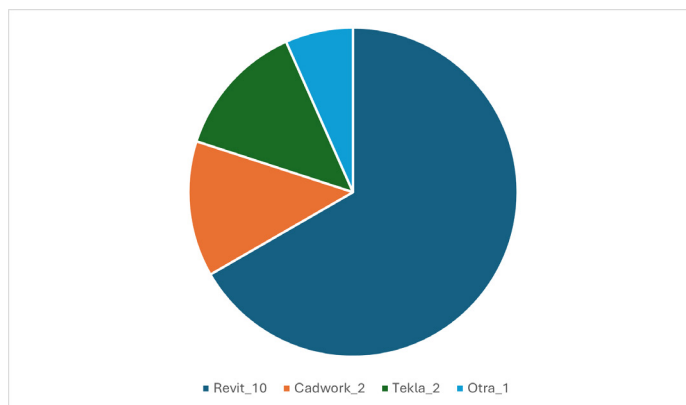
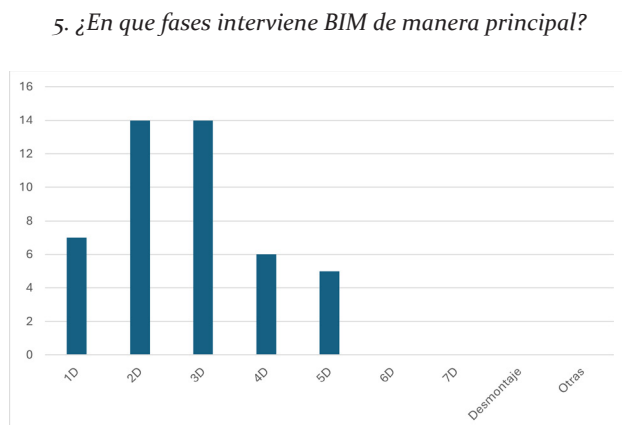


Fig. 4.4: Gráfico obtenido de la 3ª pregunta de la encuesta. Elaboración del autor

En las preguntas 4 y 5 apreciamos una ligera incongruencia ya que hay una gran cantidad de empresas que afirman que la metodología BIM está completamente instaurada, mientras que en la siguiente pregunta menos de la mitad de las empresas aplican BIM a la planificación o al presupuesto. La ausencia de empresas que empleen BIM a partir de la 6ª dimensión refleja el nivel de implantación, aunque cada vez más empresas lo están implementando, el nivel de sigue sin ser óptimo.

Fig. 4.5: Gráfico obtenido de la 5ª pregunta de la encuesta.
Elaboración del autor



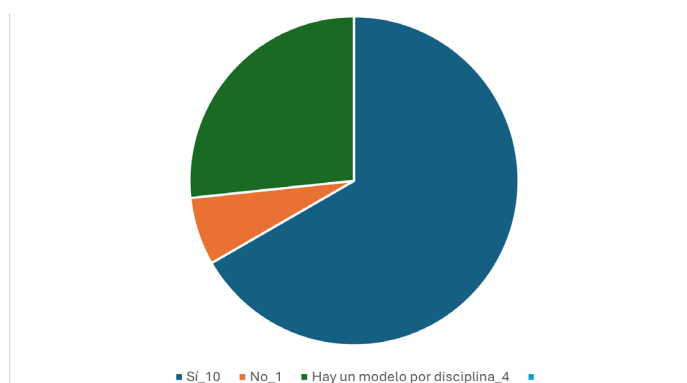
Esta contradicción se debe a dos motivos:

- Las empresas que poseen una implantación mayor solo intervienen en una parte del proceso. Puede ser el ejemplo de empresas que se dedican a los elementos prefabricados.
- El nivel de conocimiento BIM es todavía bajo, el desconocimiento acerca de las posibilidades que ofrece Revit puede actuar como elemento perjudicial a la hora de implementar esta metodología.

La alta presencia de empresas que trabajan con un único modelo colaborativo está relacionada con el Nivel 2 de implementación. Esto suele implicar el trabajo de varios técnicos y disciplinas simultáneamente, pero no todas las empresas trabajan en tiempo real. De acuerdo con la pregunta 18, en IBP simplemente hay un modelador BIM encargado de un modelo colaborativo, es decir, una persona vierte toda la información al modelo y el resto de miembros del equipo tienen acceso al modelo y obtienen la información, los planos...

Fig. 4.6: Gráfico obtenido de la 6ª pregunta de la encuesta.
Elaboración del autor

6. ¿Trabajáis con un único modelo colaborativo?



Los equipos de trabajo no están muy jerarquizados, en simplemente una empresa están presentes las figuras del BIM manager y del modelador BIM, y en 7 presentan sólo una de estas dos. Además de esta figura está presente el modelador BIM, en la mitad de las empresas es la única posición, por lo que son habituales los equipos formados únicamente por modeladores BIM, sin jerarquía técnica propiamente establecida.

11. ¿Qué cargos están presentes en el equipo?

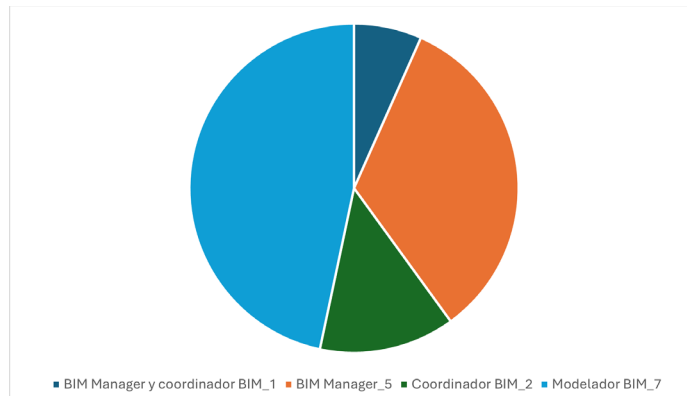


Fig. 4.7: Gráfico obtenido de la 11ª pregunta de la encuesta. Elaboración del autor

La media de trabajadores por equipo es de 6 aproximadamente, que van desde los 2 hasta los 15, aunque destaca que en ninguna de las empresas trabajan más de 4 personas, siendo lo habitual 2 o 4, permitiendo las distintas disciplinas, pero sin exceder el número de técnicos que lo modelan. En casi todas las empresas intervienen las tres disciplinas más comunes, arquitectura, estructura e instalaciones, aunque muchas de estas empresas están formadas por equipos de trabajo de dos personas, lo que implica la falta de separación de las disciplinas.

Las últimas preguntas están relacionadas con las dificultades a la hora de implementar BIM, las carencias que presenta o las capacidades técnicas que poseen sus trabajadores.

El problema más recurrente es el desconocimiento del software BIM que utilizan, a lo que le sigue la falta de técnicos cualificados y la alta inversión necesaria. Estos problemas están directamente relacionados con las última pregunta, ya que dan más importancia al conocimiento del software se en que a los conocimientos técnicos relacionados con el sistema constructivo o la formación académica.

12. ¿Cuáles han sido los mayores problemas a la hora de implementar BIM?

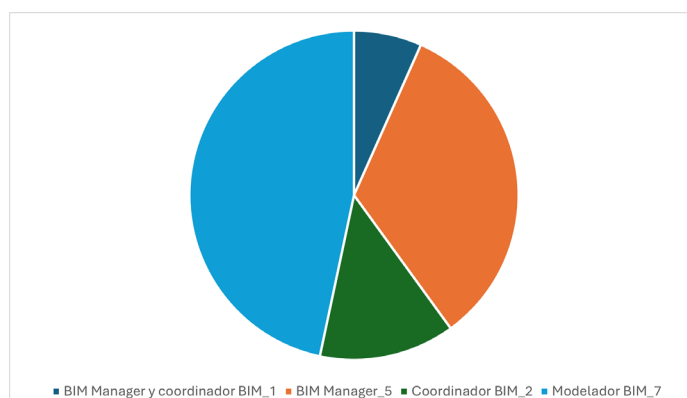
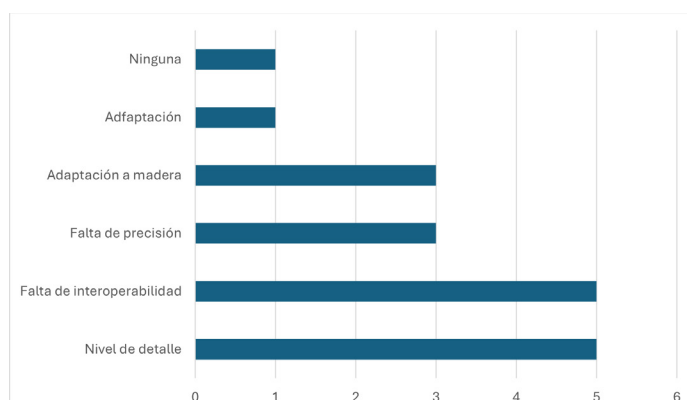


Fig. 4.8: Gráfico obtenido de la 12ª pregunta de la encuesta. Elaboración del autor

Estas respuestas dejan clara la necesidad que muestran las empresas en este sector en términos de técnicos con los conocimientos necesarios en tecnología, en este caso BIM. Destaca también que no se haya mencionado la

Fig. 4.9: Gráfico obtenido de la 13ª pregunta de la encuesta. Elaboración del autor

12. ¿Cuáles han sido los mayores problemas a la hora de implementar BIM?



experiencia o incluso que haya empresas que no requieran ninguna capacidad en especial. La alta demanda de técnicos, tanto ingenieros como arquitectos conocedores de BIM indica que la evolución del sector está superando a las empresas.

Fig. 4.10: Imagen del ensamblaje en una obra. Fuente: Hermo



4.3 Entrevistas

Las entrevistas han sido realizadas a empresas del sector de la construcción que participan en el proceso de industrialización de la vivienda colectiva y tienen un nivel de construcción off site elevado. La elección de estos requisitos surge de los estudios realizados previamente. La vivienda colectiva suele presentar construcciones con un mayor nivel de industrialización y aspectos como el montaje de volúmenes en obra implica un nivel muy elevado de construcción off site. Debido a la escasez de empresas que cumplen con los requisitos he decidido no añadir limitación en cuanto al material principal.

La primera empresa entrevistada fue **Hermo**. Es una empresa que se dedica a construir prefabricados de hormigón a medida. La empresa fue fun-

dada en 1954, se dedicaban a fabricar viguetas armadas y baldosas de hormigón. En 1974 se expandieron y comenzaron a fabricar todo tipo de elementos prefabricados de hormigón, ajustándose a las necesidades del mercado.

El trabajo que realizan consiste en industrializar al máximo las viviendas diseñadas por arquitectos ajenos a la empresa para optimizar la construcción. Su participación en el proyecto comienza cuando reciben la propuesta inicial del proyecto. A partir de esta primera versión del proyecto industrializan el máximo posible, comenzando con la estructura y continuando con otras disciplinas como las instalaciones. El proyecto lo suelen recibir en IFC, pero también lo reciben en CAD o en PDF, lo cual muestra que conviven hasta tres lenguajes simultáneamente a lo largo del proceso constructivo.

La implementación de BIM, en su labor como empresa de prefabricados, queda muy reducida, ya que intervienen en etapas concretas del edificio y dependen tanto del arquitecto como de los distribuidores. La falta de implementación en el sector, o la industria, se repite como problema fundamental a la hora de usar BIM. El escaso uso de BIM por parte de otros agentes de la construcción hacen que sea ineficiente emplear esta metodología por diversas razones:

- El intercambio de información entre softwares de 2D y 3D es lenta e inefectiva. Cuando reciben documentos producidos en CAD supone un extra de trabajo que se añade a la labor técnica. Para poder emplear la información en programas BIM hay que trasladar la información tanto geométrica como en forma de paquetes de datos.
- El cliente no comprende las posibilidades que ofrece un modelo cargado de información, por lo que interpretan que es un sobre coste innecesario. Este proceso afecta principalmente a partir de la 5ª dimensión, ya que intervienen en la vida útil del edificio.

La temprana implementación de BIM en la empresa hizo que se decantaran por Allplan, debido a las facilidades que presentaba a la hora de industrializar. Este paso también fue muy útil, puesto que la carga de ingeniería en el proceso es muy alta, por lo que contar con esta herramienta les ayuda a optimizar y simplificar trabajos repetitivos. Cuando reciben el modelo el primer paso que siguen es introducirlo en Allplan, donde continúan con el cálculo de la estructura, que se complementa con el uso de otros softwares y el estandarizado de los elementos.

Una vez se va industrializando el modelo, el arquitecto vuelve a tomar parte en el proyecto, de manera que el diálogo es constante, para optimizar tanto el diseño como la industrialización del proceso. Al tiempo que se va ajustando el modelo al diseño original también entran en juego otros factores como el desplazamiento, el peso o el montaje in situ. Son responsables desde el proceso de diseño final hasta el ensamblaje en la obra.

Los elementos principales que industrializan están relacionados con la estructura y fabricados a base de hormigón armado, pero también hacen elementos como juntas, rozaduras, pasamuros, cajas para las persianas, la fachada o las instalaciones. La introducción de BIM en el proceso hace que la redacción de fichas técnicas de todos los componentes esté automatizada y sea más directa, que son enviadas a fábrica.

En este punto entra el ERP, software que ayuda a gestionar aspectos clave de las empresas, como los plazos de entrega, la compra, las facturas, los clientes o los materiales. En este caso no tiene tanto peso ya que se limita su uso a la gestión económica, pero el potencial es elevado.

La amplia variedad de elementos que producen, puesto que se industrializa el edificio, en vez de diseñar mediante elementos estandarizados, permite adoptar soluciones únicas para cada proyecto, dotándolo de personalidad. Este proceso representa un bajo nivel de industrialización.

El equipo de trabajo es reducido y jerarquizado, está formado por dos personas (un BIM mánager y un modelador BIM) y aunque trabajan con un modelo colaborativo, rara vez trabajan simultáneamente. Generalmente hay un solo modelador vinculado a cada modelo.

El principal problema que han encontrado a la hora de trabajar con BIM es el peso de los archivos. Suelen trabajar con elementos donde la carga de información geométrica es elevada, por lo que a menudo trabajar en estos modelos es complicado. En segundo lugar destaca la complejidad de Allplan a la hora de obtener información de este. En comparación con Revit la

Fig. 4.11: Imagen de los módulos en obra.
Fuente: Modulya



interfaz y las posibilidades de exportación son limitadas.

Modulya es una empresa ubicada en la provincia Andaluza de Huelva, se dedican a la construcción modular industrializada. Ofrecen servicios que intervienen en casi toda la fase de la construcción, lo que les permite involucrarse desde la búsqueda de terrenos hasta el mantenimiento durante la vida útil.

Destacan por la búsqueda de una arquitectura sostenible, utilizando la industrialización como herramienta principal. Actualmente están trabajando con el sistema constructivo que denominan MODUSS. Es un sistema abierto de fabricación edificatoria (sistema modular seccional sostenible) además están desarrollando nuevos sistemas constructivos industrializados. A través de estas innovaciones buscan ofrecer una solución personalizable y sostenible de alta calidad.

Cuentan con dos módulos principales, uno para jornaleros y otro para «Senior Living». Ambos módulos presentan una estructura parecida y están diseñados de manera similar. Siguen el mismo patrón de uniones, de manera que trabajar con ellos se simplifica. El nivel de industrialización no es óptimo, puesto que para cada proyecto se adaptan las medidas del módulo, aunque el interior de estos es más constante.

Desde hace poco tiempo están usando software BIM, pero con la llegada de A. Fernández como BIM manager comenzó la implementación de la metodología BIM, por lo que el uso de BIM no está optimizado y se aprecian detalles que indican que falta implantación.

Emplean principalmente Revit, por razones de comodidad, conocimiento de los trabajadores y expansión en el sector, pero en algunos proyectos, también emplean Tekla. Esto se debe a dos razones:

- Los precios de Autodesk son abusivos, para trabajar de manera legal con los programas de Autodesk y las ampliaciones o «plug-ins» necesarios el precio se eleva considerablemente. Los estudios de arquitectura en desarrollo generalmente presentan problemas a la hora de pagar las licencias, por otra parte, los softwares ofrecen mejoras necesarias para la industrialización a modo de extensiones de pago.
- Las dificultades para manejar el terreno en Revit, las actualizaciones anuales han traído un cambio este año, por lo que la manera de trabajar con los sólidos del terreno ha cambiado completamente.

En el proceso de implementación completa del BIM, van aumentando las fases en las que interviene el modelo. Actualmente tiene un papel principal en el desarrollo del concepto, donde es poco común emplearlo. Siguen un proceso proyectual complejo, comienzan trabajando con volúmenes que se corresponden con el tamaño de los modelos, hasta conseguir el emplazamiento general. A medida que se va desarrollando el proyecto van ampliando el nivel de detalle de los elementos.

Compact Habit fue fundada en 2004 y es una empresa participada por d'Aro, una constructora catalana. Se dedican a la construcción de módulos construidos en fábrica gracias al sistema diseñado en 2009: eMii (edificación Modular integral industrializada).

El nivel de industrialización en la empresa es alto, los módulos parten de una base y unas medidas estandarizadas que facilitan el proyecto. Los módulos varían desde los 3,10m hasta los 5m de ancho y desde los 5m hasta los 15m de largo, limitadas por el transporte. Actualmente tienen dos módulos, el principal, hecho a base de hormigón armado y el segundo, el módulo híbrido, el cual presenta una estructura mixta de acero y hormigón. Esta variabilidad dentro de los módulos ofrece mucha libertad, puesto que su papel en el proceso conceptual es bajo.

El acabado tiene total libertad, ya que los módulos están diseñados para soportar cualquier revestimiento en fachada, siempre y cuando sea compatible con la aplicación en seco. Esta pequeña limitación que presentan a la hora de los acabados se debe a que la construcción tiene lugar mayoritariamente en fábrica. Para construir un edificio de 60 módulos tardan apro-

Fig. 4.12: Esquema de las uniones entre módulos.
Fuente: Compact Habit



ximadamente 5 meses, de los cuales 2 son empleados para el ensamblaje y sellado in situ, aunque pueden variar ligeramente estos números en función de los recursos destinados por la constructora.

Actualmente se encuentran en pleno proceso de implementación de la metodología BIM, por lo que se puede apreciar, en los distintos procesos, que está todavía en una fase inicial. Debido a las diferentes necesidades, emplean dos softwares distintos a la hora de desarrollar el proyecto.

- El programa principal es Tekla, ya que las facilidades que presenta ante otros programas destacan en el diseño de estructuras.
- Para la parte de arquitectura emplean Revit

Además de la combinación de estos dos softwares, el CDE que emplean es Trimble. Esto supone una dificultad a la hora de trabajar, ya que el intercambio de datos no es tan sencillo como con softwares de la misma compañía.

La implantación es parcial todavía, pero están trabajando para conseguir optimizar el proceso y emplearlo en todas las fases del proyecto. Aunque el modelo forma parte de casi todas las fases, necesitan un programa de apoyo especializado en cada una de las etapas. El modelado es único paso en el que el único software usado es Revit o Tekla, dependiendo del proyecto. En las fases siguientes la importancia del BIM baja y aparecen programas

como Project o TCQ. En las fases más avanzadas como la sostenibilidad o el mantenimiento la intervención del BIM es nula.

Del equipo técnico, actualmente cuatro miembros están recibiendo formación BIM para implementar la metodología. Debido a la falta de experiencia y la pronta etapa del desarrollo BIM en la empresa, los cargos no están claramente diferenciados. De momento se mantienen los cargos de la empresa y se aplican a BIM, es decir, el jefe de la oficina técnica es el coordinador BIM y los otros tres miembros son modeladores.

El mayor problema que encuentran es la falta de implementación BIM en el sector, por lo que puede resultar difícil encontrar colaboradores. Por



Fig. 4.13: Imagen de la unión del módulo en obra.
Fuente: Compact Habit

esta razón el CAD sigue estando muy presente a lo largo del proceso de desarrollo del proyecto.

WoHo, del término inglés World Home, es una empresa vinculada al MIT de Massachusetts y estrechamente relacionada con Ensamble Estudio. WoHo industrializa completamente la vivienda colectiva. Actualmente en España representa el máximo exponente de las empresas que están transformando la vivienda en un producto fabricado off site.

La empresa comprende y trabaja con la vivienda como si fuese un producto, donde todos los procesos que intervienen en el montaje de la vivienda están industrializados. Para ellos, BIM representa una herramienta fundamental, ya que, debido a la implantación completa, les acompaña a lo largo de la vida útil del proyecto.

El catálogo de módulos con los que cuentan es reducido y poco flexible. La falta de flexibilidad representa el máximo valor de este producto, ya que indica un nivel de industrialización máximo. Las medidas que presentan los módulos son fijas, ya que están fuertemente condicionadas por los estándares de contenedores, electrodomésticos, armarios, conductos de ventilación... Los módulos, de 2, 3 o 4 habitaciones están diseñados para repetirse "n" veces, tanto en longitud como en altura. La estructura, estandarizada y construida en fábrica está diseñada para soportar las cargas, optimizando la estructura (la proporción de pilares respecto al grosor del forjado) y

ajustando las medidas entre ejes a los estándares comunes para los aparcamientos en plantas inferiores.

La comercialización de esta vivienda es diferente a lo habitual. La concepción de esta hace que siga unos procesos muy concretos antes de ser comercializada:

- En primer lugar, se diseña en Revit el módulo de manera completa, se trabaja con modelos «as built», con paquetes de datos completos, nivel de detalle LOD 500, donde han trabajado de manera integrada arquitectura, estructura e instalaciones. Cuando se diseña en BIM el modelo, de manera tridimensional, se garantiza que no hay errores que, diseñados de manera bidimensional se pueden omitir. Por otra parte, se modela con los elementos industrializados, por lo que, gracias a la información contenida en el modelo se pueden fabricar o localizar cada una de las piezas.

- En segundo lugar, se envía el modelo a los distintos distribuidores para recibir en el laboratorio cada una de las piezas necesarias para ser construido. Este proceso es muy sencillo gracias a la integración de la ERP en el modelo BIM. Gracias a este software está automatizado el proceso de compra de los materiales. Una vez reciben los materiales, proceden al ensamblaje. Este proceso es muy sencillo a nivel logístico, ya que ha sido planeado previamente en el paso anterior. El ensamblaje tiene lugar en fábrica, resguardado y en el suelo, para evitar accidentes, de esta manera se garantiza la seguridad y la rapidez en la construcción del prototipo.

- En último lugar, una vez está construido el módulo, se llevan a cabo las comprobaciones físicas para garantizar unos estándares de seguridad y eficiencia sumamente exigentes. Al ser concebido como un producto, en WoHo buscan saber exactamente como reacciona el edificio, de manera que todo este previsto y controlado. Los estándares de seguridad no difieren a los habituales en la construcción tradicional, mientras que los estándares

Fig. 4.14: Axonométrica del módulo habitacional de WoHo. Fuente: WoHo



de eficiencia superan con creces a los habituales. De esta manera se consigue una eficiencia energética máxima, reduciendo la huella de carbono.

Una vez comercializado, el modelo presenta una gran libertad en cuanto acabados, tanto dentro como fuera. De acuerdo con su eslogan «Make universal Unique» ofrecen la posibilidad de añadir una gran variedad de acabados a la fachada, desde aplacados de diversos materiales hasta terrazas o fachadas ajardinadas. Esto se debe a que cuando se diseña el módulo, la única variable que queda abierta es la estética, la estructura está diseñada para añadir un balcón, una terraza o un revestimiento.

Como podemos ver el nivel de implementación BIM va evolucionando a medida que aumenta la industrialización de la empresa. Este factor también es importante a la hora de ver el grado de implementación BIM respecto a la involucración en el proceso constructivo.

Respecto a los equipos de trabajo podemos ver que la organización es similar, hay un BIM mánager al mando del modelo colaborativo, en el que trabajan miembros de distintas disciplinas de manera a la vez.

Conclusiones

En el transcurso de este trabajo se han los conceptos fundamentales de la arquitectura industrializada, donde se ha comprobado que las nuevas tecnologías y la metodología BIM tienen una mayor aplicación. Además, se han detallado las diferentes posibilidades que ofrece la aplicación de la digitalización, y en concreto BIM, al sector de la construcción. Del análisis realizado se pueden extraer conclusiones acerca del nivel de implementación del software BIM entre las empresas industrializadas (1), el grado de su implementación por las empresas que lo usan (2); también ha permitido constatar la vinculación entre industrialización y la implementación BIM (3), los principales obstáculos que dificultan la generalización de esta tecnología (4) y las carencias o limitaciones que las empresas usuarias encuentran en BIM (5).

1. **La extensión de la implementación BIM.** El aspecto fundamental que ha abordado este trabajo es el nivel de implementación BIM entre las empresas industrializadas. Al contrario de lo que parecía al inicio, el software BIM se encuentra muy expandido dentro del sector. También queda reflejada la voluntad de muchas empresas de implementar la metodología.

2. **El grado de implementación por las empresas usuarias.** No solo es relevante la expansión de la tecnología, sino también el grado de la implementación dentro de cada empresa. El potencial de las nuevas tecnologías reside en su máxima implementación: cuanto mayor sea el grado de digitalización, cuantas más herramientas digitales se empleen, mejores resultados brinda BIM. Hay pocas empresas que empleen este software más allá de la planificación, dejando de lado herramientas como la sostenibilidad o los presupuestos.

3. **Vinculación entre la implementación BIM y la industrialización.** Los casos de estudio han confirmado la tesis inicial: el nivel de implementación BIM está relacionado con la industrialización. Atendiendo a los casos de estudio, se puede ver que el nivel de implementación BIM va aumentando a medida que se incrementa el nivel de industrialización. La comparación entre los casos analizados revela las notables diferencias entre los casos en que solo se industrializan algunos elementos de cada proyecto, y aquellos en que los módulos están establecidos, compuestos en su gran mayoría por elementos industrializados, con un mayor nivel de implementación en los primeros que en los segundos.

4. Los principales problemas que existen en la actualidad a la hora de implementar esta tecnología son:

a) El elevado coste de los programas: las licencias de los programas suponen un coste elevado, especialmente para las empresas pequeñas, característica habitual en España.

b) La falta de implementación en algunos ámbitos del sector: especialmente relacionado con empresas que simplemente intervienen en una parte del proceso o las empresas ubicadas lejos de grandes ciudades.

c) La falta de técnicos con la formación tecnológica necesaria. No obstante, las empresas están poniendo remedio ante esta situación, ya que 3 de cada 4 empresas financian o imparten una formación en esta materia a sus trabajadores.

5. Por otra parte, las principales carencias o limitaciones que encuentran los usuarios del software en la actualidad son los siguientes:

a) La falta de interoperabilidad entre programas BIM: de forma que trabajar con distintos programas BIM entorpece considerablemente el proceso y ralentiza las primeras etapas del proyecto.

b) La falta de adaptación a la madera: muchas empresas nuevas están maximizando la sostenibilidad trabajando con CLT, por lo que la falta de adaptación a la madera, principalmente de Revit, ralentiza los procesos.

c) El nivel de detalle: es una de las carencias que más preocupa entre las empresas que han respondido la encuesta, puesto que les supone una inversión de tiempo elevada.

Bibliografía

Libros

Águila, Alfonso del. *Las tecnologías de la industrialización de los edificios de vivienda*. Madrid: COAM, 1992; Tomo 1

Lupfer, G., & Sigel, P. (2018). *Gropius* (P. Gössel, Ed.). TASCHEN.

Trabajos de Fin de Grado

Caro Márquez, E. (2017). *La Cuarta Revolución Industrial*. [Trabajo de fin de grado, Universidad de Sevilla]. https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/66285/La_cuarta_revolucion_industrial.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Informes

Bertelesmann, F. (s. f.). *CONSTRUCCIÓN un sector generador de empleo y con alta demanda de jóvenes profesionales*. https://www.fundacionbertelsmann.org/wp-content/uploads/2022/03/2022_CONSTRUCCION_FP-Dual.pdf

EY. (2018). *¿Cómo se están adaptando las empresas de construcción e ingeniería al entorno digital?* https://www.ey.com/es_es/real-estate-hospitality-construction/como-se-estan-adaptando-las-empresas-de-construccion-e-ingenier-al-entorno-digital

KPMG. (2021). *No turning back An industry ready to transcend*. <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/xx/pdf/2021/08/global-construction-survey1.pdf>

Oliver Wyman. (2018). *Digitalization Of The Construction Industry The revolution is underway*. <https://www.oliverwyman.com/our-expertise/insights/2018/sep/digitalization-of-the-construction-industry.html>

PTEC. (s. f.). *La transformación digital del sector construcción en España*. <https://faeccadiz.com/wp-content/uploads/2021/04/1-Informe-Consulta-Trans-Digital-def.pdf>

Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible. (2023). *PLAN BIM en la Contratación Pública*. https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/cbim/pdf/resumen_ejecutivo_es_a4_web.pdf

Web

Big Data: ¿En qué consiste? Su importancia, desafíos y gobernabilidad. (s.f.). Powerdata.Es. <https://www.powerdata.es/big-data>

El Blockchain y el BIM: ventajas y potencialidades. (2021, August 23). Biblus. <https://biblus.accasoftware.com/es/el-blockchain-y-el-bim-ventajas-y-potencialidades/>

Gherardi, M. (2023, July 11). *Impresión 3D En La Construcción: ¿Cómo Funciona?* Cemex Ventures. <https://www.cemexventures.com/es/impression-3d-en-la-construccion/>

Illarregui, L. (2023, January 16). *Gemelo Digital o Digital Twin, ¿Gemelo Digital? Espacio BIM.* <https://www.espaciobim.com/gemelo-digital>

Industria de la construcción: aportación al PIB en España 2005-2022. (n.d.). Statista. <https://es.statista.com/estadisticas/549605/aportacion-del-sector-de-la-construccion-al-pib-en-espana/>

Inteligencia Artificial en la Arquitectura: ¿Qué es y cómo se aplica? (s.f.). E-zigurat.com. <https://www.e-zigurat.com/es/blog/inteligencia-artificial-en-la-arquitectura/>

La estandarización, punto de partida para avanzar en industrialización. (n.d.). revistas.eleconomista.es. <https://revistas.eleconomista.es/inmobiliaria/2022/octubre/la-estandarizacion-punto-de-partida-para-avanzar-en-industrializacion-FD12227705>

Nicolás Flores M. (s.f.). *La revolución industrial y su cambio en la mirada de la arquitectura.* Pucv.cl. https://wiki.ead.pucv.cl/La_revoluci%C3%B3n_industrial_y_su_cambio_en_la_mirada_de_la_arquitectura-Nicol%C3%A1s_Flores_M

Martínez, M. (2021, September 5). *Historia de la Arquitectura Industrializada.* ABC Modular. <https://abcm modular.com/aplicaciones/arquitectura-industrializada-historia>

Melovics, C. (2022, January 22). *What are the BIM dimensions?* BuildEXT. <https://buildext.com/en/bim-dimensions/>

Morera, L. H. J. (2022, June 29). *La transformación digital en la industria de la Construcción.* LinkedIn.com. <https://www.linkedin.com/pulse/la-transformaci%C3%B3n-digital-en-industria-de-jim%C3%A9nez-morera/>

Moret, Salvador. (2020, October 13). *Dimensiones BIM vs usos BIM.* LinkedIn.com. <https://www.linkedin.com/pulse/dimensiones-bim-vs-usos-salvador-moret-colomer/>

Muñoz, N. (2023, February 8). *Características de la arquitectura industrial, estilo y ejemplos reales*. Canal Diseño y Arquitectura. <https://www.inesem.es/revistadigital/disen-y-artes-graficas/la-arquitectura-industrial-en-espana-y-el-resto-de-europa/>

OCH: Guía sobre industrialización en la construcción - OCH. (2023, November 6). *OCH - Asociación española de construcción industrializada; OCH*. <https://www.offsitehub.org/3d-flip-book/och-guia-sobre-industrializacion-en-la-construccion>

Overstreet, K. (2021, July 25). *¿Los robots reemplazarán alguna vez a los arquitectos? Por qué los diseños del futuro nunca se automatizarán por completo*. ArchDaily México. https://www.archdaily.mx/mx/964917/los-robots-reemplazaran-alguna-vez-a-los-arquitectos-por-que-los-disenos-del-futuro-nunca-se-automatizaran-por-completo?ad_campaign=special-tag

Prensa, B. I. M. (2023, April 20). *Construcción offsite, la revolución pendiente del sector*. European Building Summit Barcelona; European BIM Summit. <https://europeanbuildingsummit.com/construccion-offsite/>

¿Qué es la Industria 4.0? (2018, January 25). Deloitte Spain. <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/manufacturing/articles/que-es-la-industria-4.o.html>

VR y Realidad Aumentada para arquitectura. (2022, June 23). Alubuild. <https://alubuild.com/es/realidad-virtual-aumentada-arquitectura-construccion/>

(N.d.). Sap.com. <https://www.sap.com/spain/products/artificial-intelligence/what-is-blockchain.html#:~:text=El%20blockchain%20es%20un%20registro,%20tecnolog%C3%ADa%20de%20ledger%20distribuido%20>

Empresas

CompactHabit: Custom demountable modular buidings. (2014, December 29). Compact Habit. <https://www.compacthabit.com/>

Hermo - Prefabricados de hormigón y viviendas prefabricadas. Edificación. (2017, November 12). Hermo. <https://www.hermo.net/>

Sungrafic. (n.d.). Modulya Construcción Modular Industrializada. <https://www.modulya.com/>

WOHO. (n.d.). WOHO. <https://www.woho.us/>

Cursos

García, D. y Morales, F. (2021). *Diseño arquitectónico con Revit*. Deusto Formación. <https://www.deustoformacion.com/cursos/disenio-arquitectura-audiovisual/curso-revit>

Diccionario

Oxford Languages Dictionary. (<https://languages.oup.com/>)

RAE. (<https://dle.rae.es/>)

Procedencia de las ilustraciones

1. Industrialización

Figura 1.1: Imagen tomada de: <https://www.compacthabit.com>

Figura 1.2: Imagen tomada de: <https://humanidades.com>

Figura 1.3: Imagen tomada de: <https://images.adsttc.com>

Figura 1.4: Imagen tomada de: <https://humanidades.com>

Figura 1.5: Imagen tomada de: <https://mitp-arch.mitpress.mit.edu>

Figura 1.6: Imagen tomada de: <https://www.hermo.net>

Figura 1.7: Imagen tomada de: <https://www.kuka.com>

2. Digitalización

Figura 2.1: Imagen tomada de: <https://es.statista.com>

Figura 2.2: Imagen tomada de: <https://plataformaptec.es>

Figura 2.3: Imagen tomada de: <https://telefonicatech.com>

Figura 2.4: Imagen tomada de: <https://www.accasoftware.com>

Figura 2.5: Imagen tomada de: <https://ultracem.co>

3. BIM

Figura 3.1: Imagen tomada de: <https://www.archdaily.com>

Figura 3.2: Imagen tomada de: <https://bimenmexico.blogspot.com>

Figura 3.3: Elaboración del autor a partir de datos de: <https://cdn.mitma.gob.es>

Figura 3.4: Imagen tomada de: <https://buildext.com>

Figura 3.5: Imagen tomada de: <https://www.baunetzwissen.de/>

4. Casos de estudio

Figura 4.1: Imagen tomada de: <https://www.woho.us/>

Figura 4.2: Imagen tomada de: <https://www.woho.us/>

Figura 4.3: Elaboración del autor con datos de la encuesta

Figura 4.4: Elaboración del autor con datos de la encuesta

Figura 4.5: Elaboración del autor con datos de la encuesta

Figura 4.6: Elaboración del autor con datos de la encuesta

Figura 4.7: Elaboración del autor con datos de la encuesta

Figura 4.8: Elaboración del autor con datos de la encuesta

Figura 4.9: Elaboración del autor con datos de la encuesta

Figura 4.10: Imagen tomada de: <https://www.hermo.net>

Figura 4.11: Imagen tomada de: <https://www.modulya.com>

Figura 4.12: Imagen tomada de: <https://www.modulya.com/contacto>

Figura 4.13 Imagen tomada de: <https://www.modulya.com/contacto>

Figura 4.14: Imagen tomada de: <https://www.woho.us/>

Anexo Encuestas

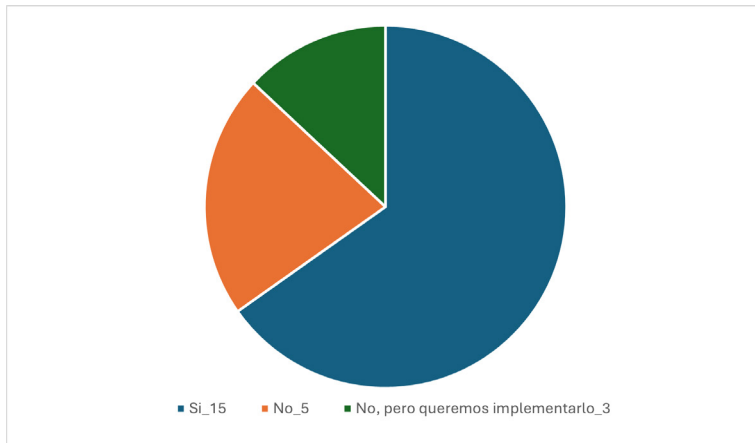
Encuestas

A continuación se incluye la encuesta enviada junto a las respuestas recibidas. También se incluyen las fichas realizadas a raíz de las respuestas dadas por las empresas en la encuesta:

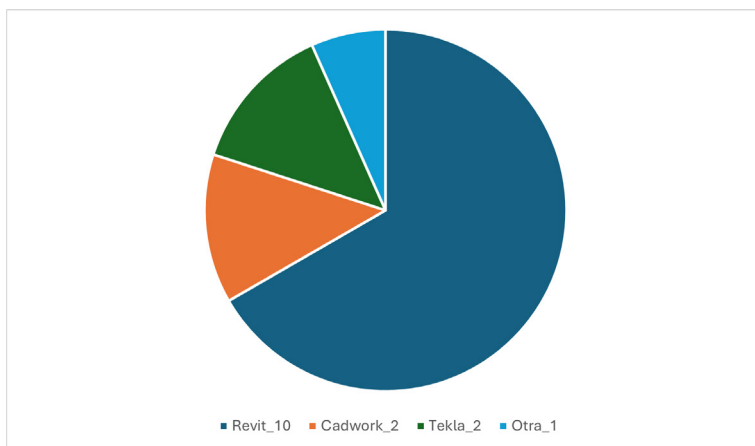
1. Nombre de la empresa

	Empresa	Sistema Industrializado	Uso	Montaje	Material
1	quickplack	Estructura	Unifamiliar	Completo	Hormigón
2	Sismo Spain	Estructura	Colectivo	2d panel	Hormigón
3	Atlántida Homes	Estructura envolvente	Unifamiliar	Completo	Hormigón
4	Cofitor	Estructura+ envolvente	Unifamiliar	Completo	Hormigón
5	NSM	Completo	Unifamiliar	Completo	Hormigón
6	3Diseño Estructural	Estructura	Colectivo	Componentes	Hormigón
7	Arquima	Estructura+ envolvente	Colectivo	Completo	Madera
8	Medgón	Estructura+ envolvente	Unifamiliar	Completo	Entramado de Madera
9	Alucasa	Estructura+ envolvente	Unifamiliar	Completo	Acero Galvanizado
10	WES	Envolvente	Unifamiliar	2d panel	Madera
11	Derivados Dhealfaro S.A.	Estructura	Colectivo	Componentes	Hormigón
12	Tiniliving	Estructura+ envolvente	Unifamiliar	Completo	Estructuras mixtas
13	Prefabircats Pujol	Completo	Industrial	Componentes	Hormigón
14	Egoín SA	Estructura+ envolvente	Colectivo	Mixto	Madera estructural
15	Steel framing.es	Estructura+ envolvente	Unifamiliar	Mixto	Acero Galvanizado
16	Roansa	Estructura	Colectivo	Componentes	Hormigón
17	Butech	Baños/cocinas + envolvente	Colectivo	Completo	Estructuras mixtas
18	ABS Pasive	Estructura+ envolvente	Unifamiliar	Completo	Hormigón
19	Viguetas Navarras	Envolvente	Colectivo	2d panel	Hormigón
20	Abc Arqu. modular	Completo	Publico	Completo	Hormigón
21	Nevo	Estructura+ envolvente	Colectivo	Completo	Estructuras mixtas
22	Actuhorsa SL	Estructura	Colectivo	Componentes	Hormigón
23	IBP Iberian Precast	Estructura+ envolvente	Colectivo	Componentes	Hormigón

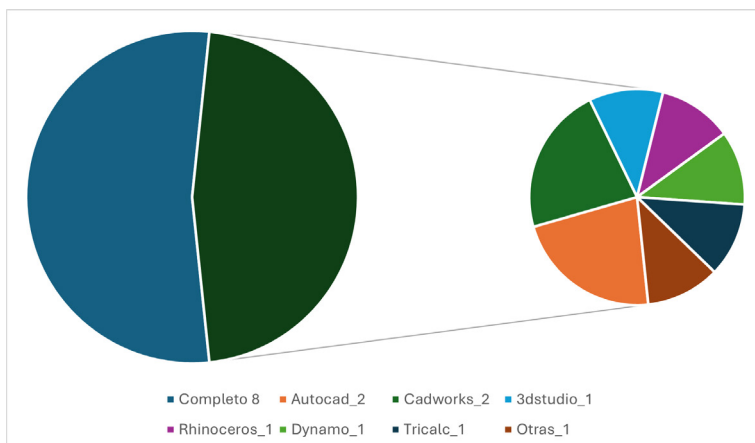
2. ¿Trabajan con BIM en su empresa?



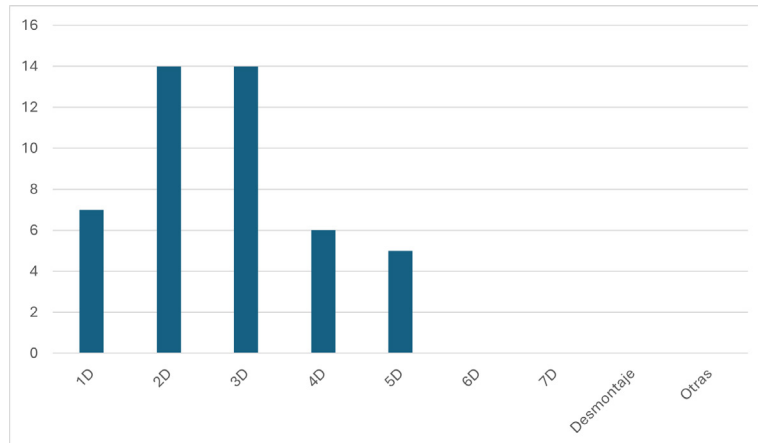
3. ¿Cuál es el software de modelado BIM empleado?



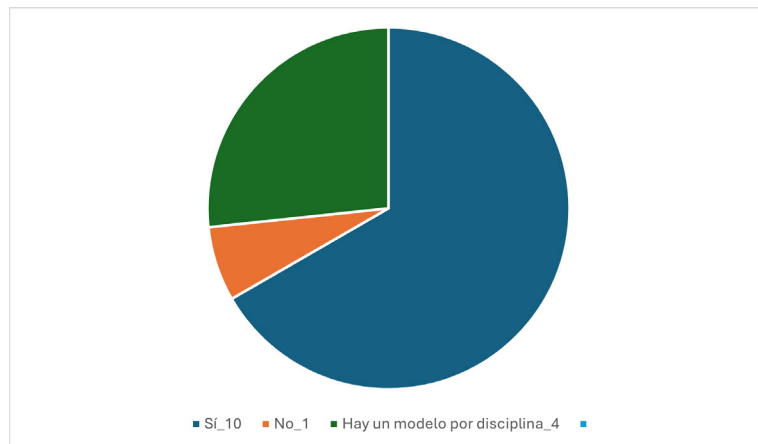
4. ¿La integración del software BIM es completa o parcial, en caso de ser parcial que otros programas se emplean?



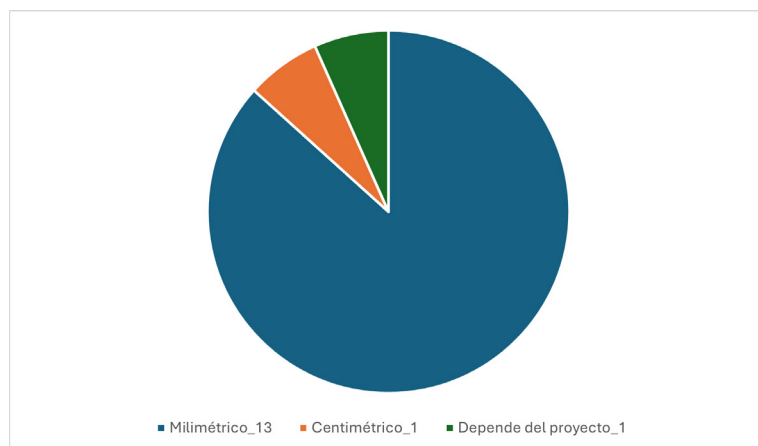
5. En que fases del proceso constructivo interviene el BIM de manera principal



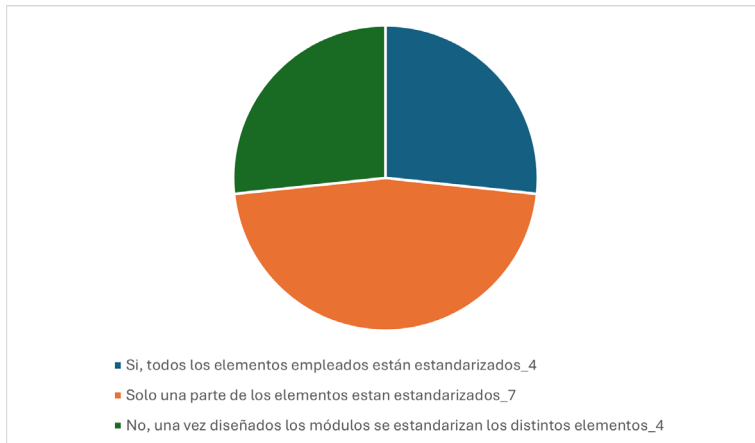
6. ¿Trabajáis con un único modelo colaborativo?



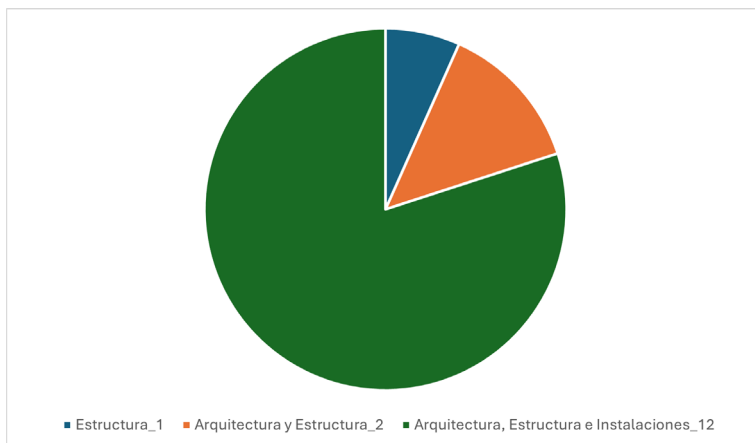
7. ¿Cuál es el nivel de detalle necesario?



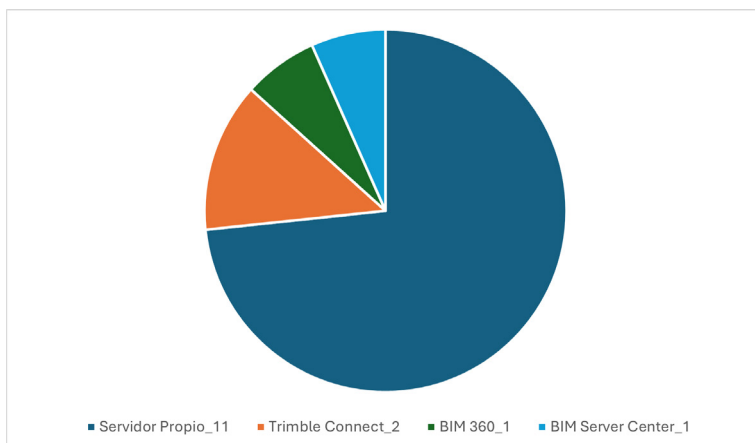
8. ¿Los módulos se diseñan con unos elementos estandarizados, con unas medidas constantes o existe flexibilidad?



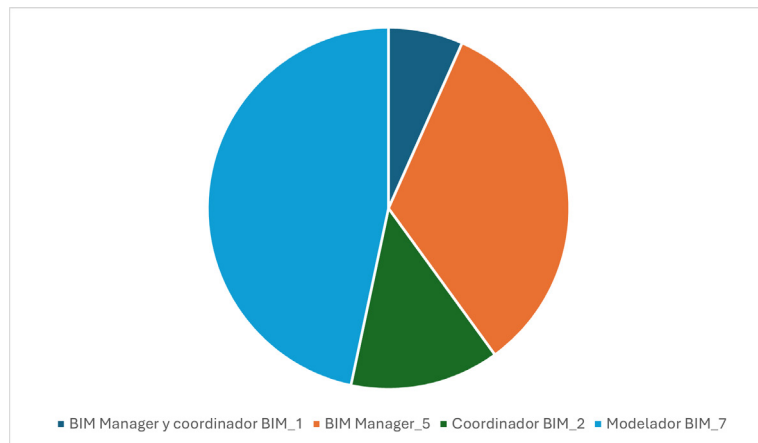
9. ¿Cuáles son las distintas disciplinas que intervienen en el modelo?



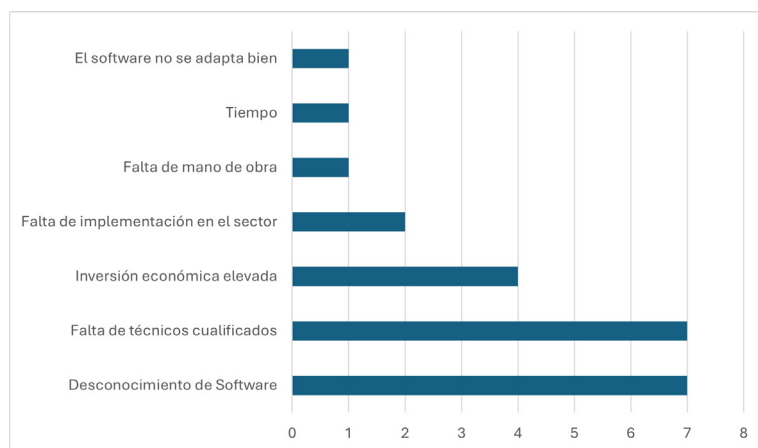
10. ¿Cuál es el CDE (Common Data Environment) empleado para compartir e intercambiar información?



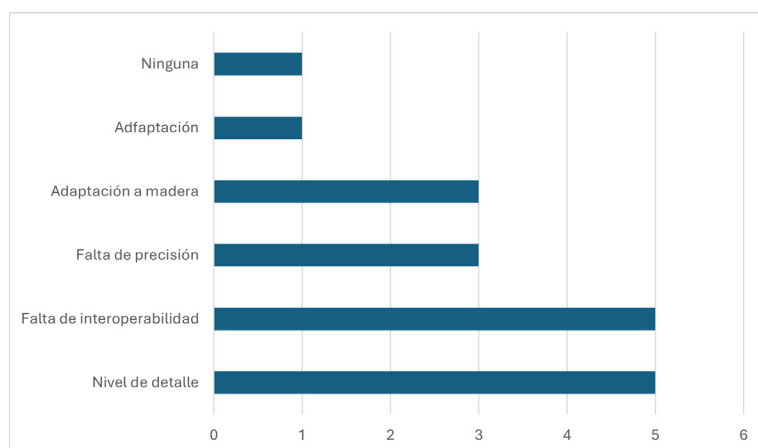
11. ¿Qué cargos están presentes en el equipo?



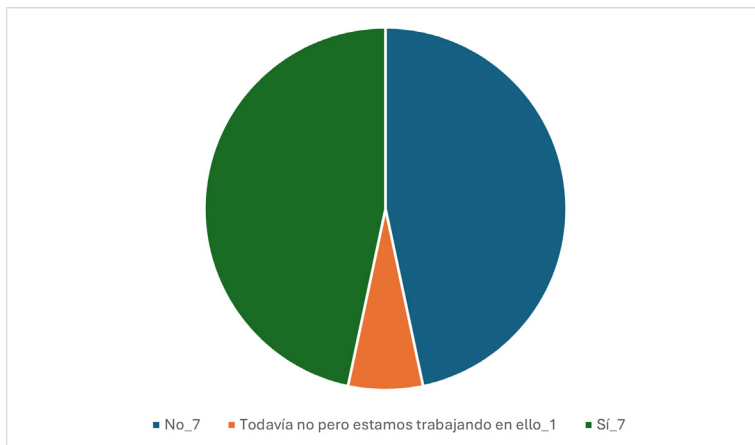
12. ¿Cuáles son, o han sido los mayores problemas a la hora de implementar esta metodología?



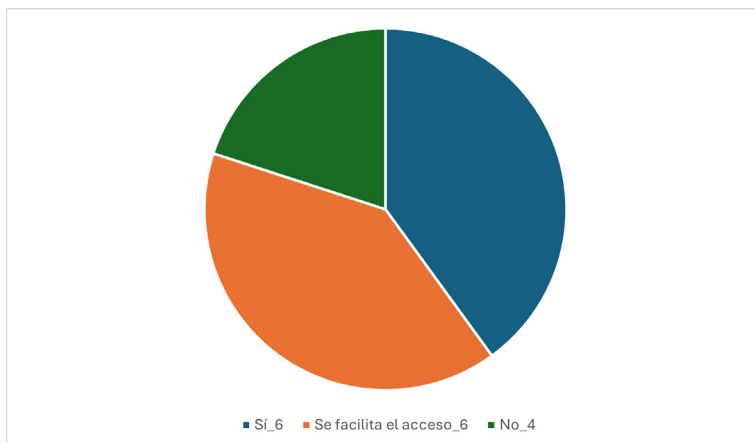
13. ¿Qué carencias presenta el BIM actualmente a la hora de realizar un proceso de industrialización?



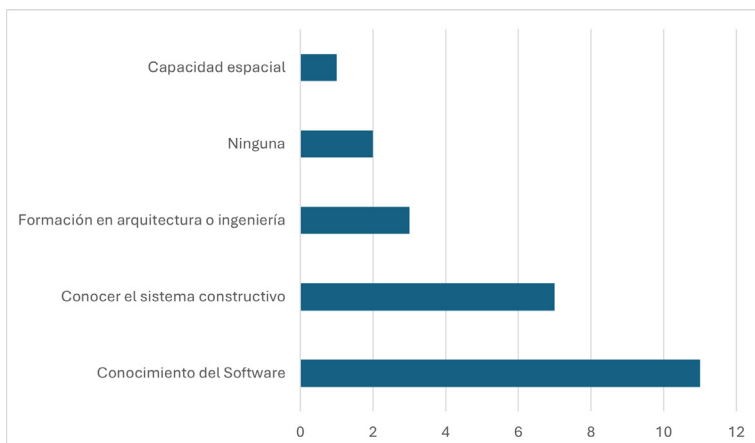
14. ¿El modelo interviene en la organización logística del modelo?



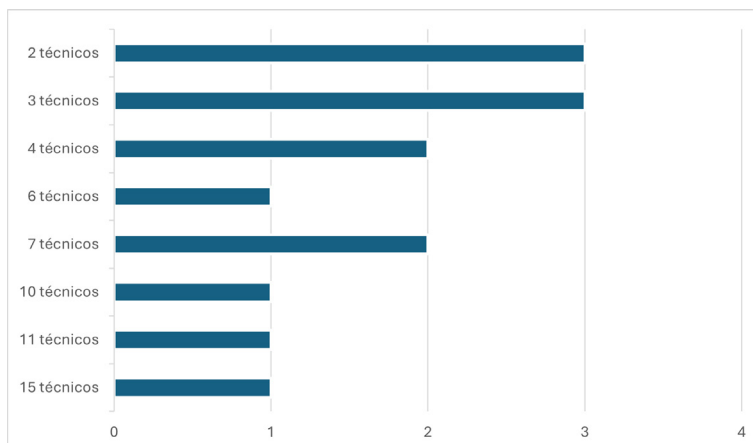
15. ¿Dentro de la empresa hay alguna formación especial para los miembros del equipo BIM?



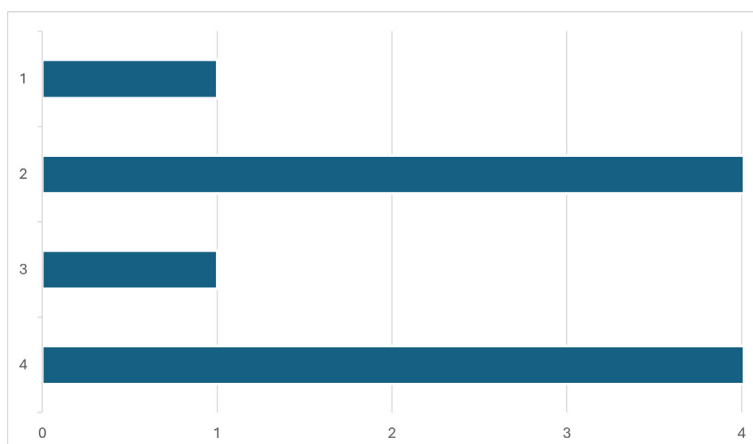
16. ¿Qué capacidades técnicas y tecnológicas se requieren para formar parte del equipo de trabajo BIM?



17. ¿Cuántos miembros forman el equipo de trabajo en el área técnica del BIM?



18. ¿A la hora de realizar un modelo, cuántas personas de la plantilla técnica colaboran en él?





Empresa: **quickplack**
 Software BIM: **Revit**
 Formación: **No**
 Modelo Colaborativo: **No**
 Materiales: **Hormigón**
 Sistema Industrializado: **Estructura**

Uso: **Unifamiliar**
 CDE: **Ninguno**
 Nivel de Implementación: **Parcial**
 Nivel de Estandarización: **Medio**
 Montaje: **Completo**

- 1D_Concepto
- 2D_Vector
- 3D_Forma
- 4D_Planificación
- 5D_Presupuesto
- 6D_Sostenibilidad
- 7D_Mantenimiento
- _Desmontaje
- _Otras

Disciplinas:



Miembros del Equipo

Miembros en Modelo

Cargos:
 BIM Manager
 Coordinador BIM
 Modelador BIM

Problemas a la hora de implementar BIM: Falta de técnicos cualificados

Que carencias presenta BIM: Nivel de detalle; Nosotros hacemos a medida pero a la hora de industrializar es imprescindible estandarizar un proceso para que sea realmente factible su fabricación; normalmente estos detalles no se precisan en un modelo final por mucho detalle que lleve (ya que no se contemplan desperdicios, detalles de ejecución, etc);

Capacidades requeridas para formar parte del equipo: Conocimiento de software, conocimientos logísticos, aplicación de lógica constructiva, capacidad comunicativa, etc

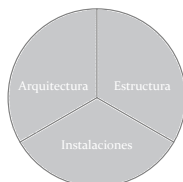


Empresa: **Sismo Spain**
 Software BIM: **No aplica**
 Formación:
 Modelo Colaborativo:
 Materiales: **Hormigón**
 Sistema Industrializado: **Estructura**

Uso: **Colectivo**
 CDE:
 Nivel de Implementación:
 Nivel de Estandarización:
 Montaje: **2D panel**

- 1D_Concepto
- 2D_Vector
- 3D_Forma
- 4D_Vector
- 5D_Forma
- 6D_Vector
- 7D_Forma
- 8D_Vector
- 9D_Forma

Disciplinas:



Miembros del Equipo

Miembros en Modelo

Cargos:

Problemas a la hora de implementar BIM:

Que carencias presenta BIM:

Capacidades requeridas para formar parte del equipo:



Empresa: **Atlantida Homes**
 Software BIM: **Revit**
 Formación: **Exterior**
 Modelo Colaborativo: **Sí**
 Materiales: **Hormigón**
 Sistema Industrializado: **Estructura+Envolvente**

Uso: **Unifamiliar**
 CDE: **BIM Server Center**
 Nivel de Implementación: **Parcial, AutoCAD**
 Nivel de Estandarización: **Medio**
 Montaje: **Completo**

- 1D_Concepto
- 2D_Vector
- 3D_Forma
- 4D_Planificación
- 5D_Presupuesto
- 6D_Sostenibilidad
- 7D_Mantenimiento
- _Desmontaje
- _Otras

Disciplinas:



Miembros del Equipo: 5 icons (3 blue, 2 white)

Miembros en Modelo: 10 icons (2 blue, 8 white)

Cargos:
Modelador BIM

Problemas a la hora de implementar BIM: Falta de integración a nivel de producción

Que carencias presenta BIM: Nivel de detalle

Capacidades requeridas para formar parte del equipo: Conocimientos técnicos y de obra, así como recursos informáticos

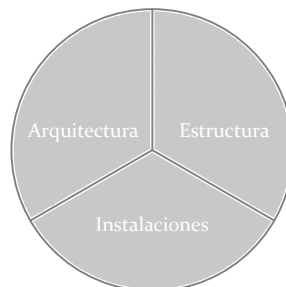


Empresa: **nuevo sistema modular**
 Software BIM: **No aplica**
 Formación:
 Modelo Colaborativo:
 Materiales: **Hormigón**
 Sistema Industrializado: **Completo**

Uso:
 CDE:
 Nivel
 Nivel
 Mont

- 1D_Concepto
- 2D_Vector
- 3D_Forma
- 4D_Vector
- 5D_Forma
- 6D_Vector
- 7D_Forma
- 8D_Vector
- 9D_Forma

Disciplinas:



Miemb
 Carg



Empresa: **nuevo sistema modular**

Software BIM: **No aplica**

Formación:

Modelo Colaborativo:

Materiales: **Hormigón**

Sistema Industrializado: **Completo**

Uso: **Unifamiliar**

CDE:

Nivel de Implementación:

Nivel de Estandarización:

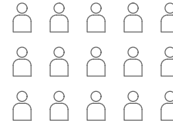
Montaje: **Completo**

- 1D_Concepto
- 2D_Vector
- 3D_Forma
- 4D_Vector
- 5D_Forma
- 6D_Vector
- 7D_Forma
- 8D_Vector
- 9D_Forma

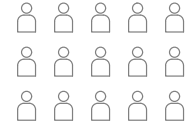
Disciplinas:



Miembros del Equipo



Miembros en Modelo



Cargos:

Problemas a la hora de implementar BIM:

Que carencias presenta BIM:

Capacidades requeridas para formar parte del equipo:



Empresa: **3s Diseño Estructural**

Software BIM: **Tekla**

Formación: **Sí**

Modelo Colaborativo: **Sí**

Materiales: **Hormigón**

Sistema Industrializado: **Estructura**

Uso: **Colectivo**

CDE: **Trimble connect**

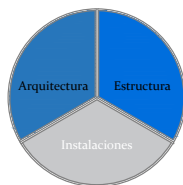
Nivel de Implementación: **Completa**

Nivel de Estandarización: **Bajo**

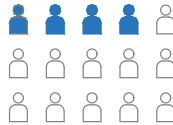
Montaje: **Componentes**

- 1D_Concepto
- 2D_Vector
- 3D_Forma
- 4D_Planificación
- 5D_Presupuesto
- 6D_Sostenibilidad
- 7D_Mantenimiento
- _Desmontaje
- _Otras

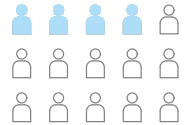
Disciplinas:



Miembros del Equipo



Miembros en Modelo



Cargos:

Modelador BIM

Problemas a la hora de implementar BIM: inversión económica elevada; Desconocimiento de Software; Falta de técnicos cualificados;

Que carencias presenta BIM: Falta de IFC en algunos elementos

Capacidades requeridas para formar parte del equipo: Ser ingeniero y tener conocimientos técnicos

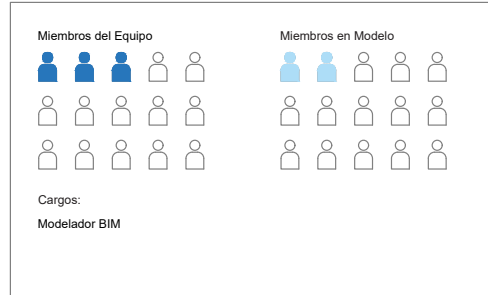
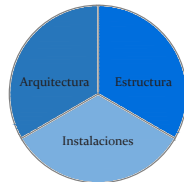


Empresa: **ARQUIMA**
 Software BIM: **Revit**
 Formación: **No**
 Modelo Colaborativo: **No**
 Materiales: **Madera estructural**
 Sistema Industrializado: **Estructura+Envolvente**

Uso: **Colectivo**
 CDE: **BIM 360**
 Nivel de Implementación: **Parcial, Cadwork**
 Nivel de Estandarización: **Alto**
 Montaje: **Completo**

- 1D_Concepto
- 2D_Vector
- 3D_Forma
- 4D_Planificación
- 5D_Presupuesto
- 6D_Sostenibilidad
- 7D_Mantenimiento
- _Desmontaje
- _Otras

Disciplinas:



Problemas a la hora de implementar BIM: Desconocimiento de Software; Falta de técnicos cualificados;

Que carencias presenta BIM: Falta de precisión; No está adaptado a madera ni es compatible con CadWork;

Capacidades requeridas para formar parte del equipo: Bajas

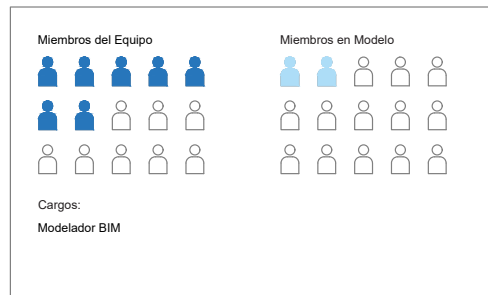
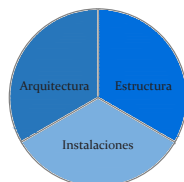


Empresa: **Medgón**
 Software BIM: **Cadwork**
 Formación: **Exterior**
 Modelo Colaborativo: **No**
 Materiales: **Entramado de Madera**
 Sistema Industrializado: **Estructura+Envolvente**

Uso: **Unifamiliar**
 CDE: **Servidor Propio**
 Nivel de Implementación: **Completa**
 Nivel de Estandarización: **Alto**
 Montaje: **Completo**

- 1D_Concepto
- 2D_Vector
- 3D_Forma
- 4D_Planificación
- 5D_Presupuesto
- 6D_Sostenibilidad
- 7D_Mantenimiento
- _Desmontaje
- _Otras


Disciplinas:



Problemas a la hora de implementar BIM: Inversión económica elevada;

Que carencias presenta BIM: Para entramado ligero, el software es muy completo, aunque quizás necesite algo más de coordinación con otras metodologías BIM;

Capacidades requeridas para formar parte del equipo: Conocimiento de la madera, de la industrialización y de nuestro proceso constructivo, el cual es único.



Empresa: **Alucasa**

Software BIM: **No aplica**

Formación:

Modelo Colaborativo:

Materiales: **Acero galvanizado**

Sistema Industrializado: **Estructura+Envolvente**

Uso: **Unifamiliar**

CDE:

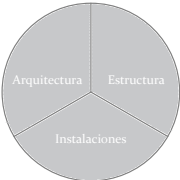
Nivel de Implementación:

Nivel de Estandarización:

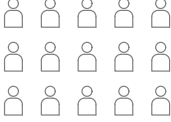
Montaje: **Completo**

- 1D_Concepto
- 2D_Vector
- 3D_Forma
- 4D_Vector
- 5D_Forma
- 6D_Vector
- 7D_Forma
- 8D_Vector
- 9D_Forma

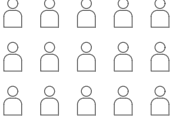
Disciplinas:



Miembros del Equipo



Miembros en Modelo




Cargos:

Problemas a la hora de implementar BIM:

Que carencias presenta BIM:

Capacidades requeridas para formar parte del equipo:



Empresa: **WES**

Software BIM: **Revit**

Formación: **No**

Modelo Colaborativo: **Si**

Materiales: **Madera estructural**

Sistema Industrializado: **Envolvente**

Uso: **Unifamiliar**

CDE: **Servidor Propio**

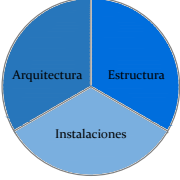
Nivel de Implementación: **Parcial, Cadwork, Dynamo**

Nivel de Estandarización: **Medio**


Montaje: **Panel 2D**

- 1D_Concepto
- 2D_Vector
- 3D_Forma
- 4D_Planificación
- 5D_Presupuesto
- 6D_Sostenibilidad
- 7D_Mantenimiento
- _Desmontaje
- _Otras

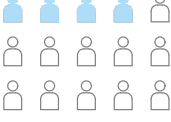
Disciplinas:



Miembros del Equipo



Miembros en Modelo




Cargos:

- BIM Manager
- Coordinador BIM
- Modelador BIM

Problemas a la hora de implementar BIM: **inversión económica elevada; Desconocimiento de Software; Falta de técnicos cualificados;**

Que carencias presenta BIM: **Ninguna**

Capacidades requeridas para formar parte del equipo: **Formación en Revit**



Empresa: **Derivados del cemento Dhealfaro**

Software BIM: **No aplica**

Formación:

Modelo Colaborativo:

Materiales: **Hormigón**

Sistema Industrializado: **Estructura**

Uso: **Colectiva**

CDE:


Nivel de Implementación:

Nivel de Estandarización:

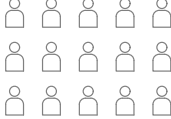
Montaje: **Componentes**

1D_Concepto
 2D_Vector
 3D_Forma
 4D_Vector
 5D_Forma
 6D_Vector
 7D_Forma
 8D_Vector
 9D_Forma


Disciplinas:



Miembros del Equipo



Miembros en Modelo




Cargos:

Problemas a la hora de implementar BIM:

Que carencias presenta BIM:

Capacidades requeridas para formar parte del equipo:



Empresa: **Tinliving**

Software BIM: **Revit**

Formación: **Sí**

Modelo Colaborativo: **Sí**

Materiales: **Estructuras mixtas**

Sistema Industrializado: **Estructura+Envoltorio**

Uso: **Unifamiliar**

CDE: **Servidor Propio**

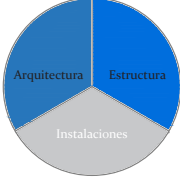
Nivel de Implementación: **Completa**

Nivel de Estandarización: **Medio**

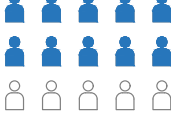
Montaje: **Completo**

1D_Concepto
 2D_Vector
 3D_Forma
 4D_Planificación
 5D_Presupuesto
 6D_Sostenibilidad
 7D_Mantenimiento
 _Desmontaje
 _Otras

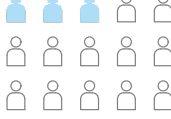
Disciplinas:



Miembros del Equipo



Miembros en Modelo



Cargos:


BIM Manager

Modelador BIM

Problemas a la hora de implementar BIM: Desconocimiento de Software; Inversión económica elevada;

Que carencias presenta BIM: Falta de precisión; Falta implementación del BIM en las fases de construcción; No se aprovecha al 100% el trabajo realizado en fase de diseño.

Capacidades requeridas para formar parte del equipo: Conocimiento del software de modelado, del sistema constructivo...



Empresa: **Prefabricats Pujol**

Software BIM: **No aplica**

Formación:

Modelo Colaborativo:

Materiales: **Hormigón**

Sistema Industrializado: **Completo**

Uso: **Industrial**

CDE:

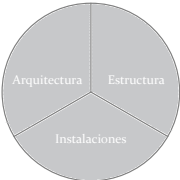
Nivel de Implementación:

Nivel de Estandarización:

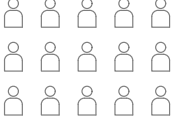
Montaje: **Componentes**

- 1D_Concepto
- 2D_Vector
- 3D_Forma
- 4D_Vector
- 5D_Forma
- 6D_Vector
- 7D_Forma
- 8D_Vector
- 9D_Forma


Disciplinas:



Miembros del Equipo



Miembros en Modelo




Cargos:

Problemas a la hora de implementar BIM:

Que carencias presenta BIM:

Capacidades requeridas para formar parte del equipo:



Empresa: **Egoin SA**

Software BIM: **Cadwork**

Formación: **Sí**

Modelo Colaborativo: **Sí**

Materiales: **Madera Estructural**

Sistema Industrializado: **Estructura+Envolvente**

Uso: **Colectivo**

CDE: **Servidor Propio**

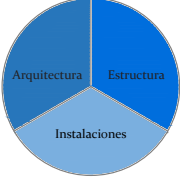
Nivel de Implementación: **Completa**

Nivel de Estandarización: **Medio**


Montaje: **Mixto**

- 1D_Concepto
- 2D_Vector
- 3D_Forma
- 4D_Planificación
- 5D_Presupuesto
- 6D_Sostenibilidad
- 7D_Mantenimiento
- _Desmontaje
- _Otras

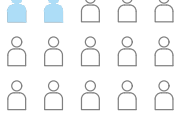
Disciplinas:



Miembros del Equipo



Miembros en Modelo



Cargos:

Problemas a la hora de implementar BIM: **Falta de técnicos cualificados;**

Que carencias presenta BIM: **Nivel de detalle;**

Capacidades requeridas para formar parte del equipo: **Cadwork 3D/2D**

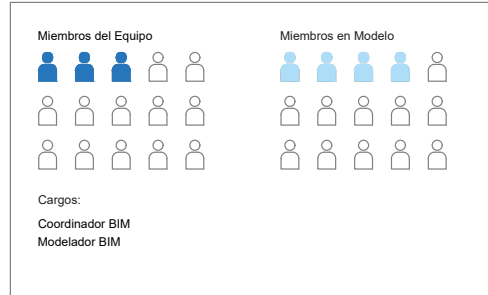


Empresa: **Steelframing.es**
 Software BIM: **Revit**
 Formación: **Exterior**
 Modelo Colaborativo: **No**
 Materiales: **Acero Galvanizado**
 Sistema Industrializado: **Estructura+Envolvente**

Uso: **Unifamiliar**
 CDE: **Servidor Propio**
 Nivel de Implementación: **Parcial, Tricalc**
 Nivel de Estandarización: **Bajo**
 Montaje: **Mixto**

- 1D_Concepto
- 2D_Vector
- 3D_Forma
- 4D_Planificación
- 5D_Presupuesto
- 6D_Sostenibilidad
- 7D_Mantenimiento
- _Desmontaje
- _Otras

Disciplinas:



Problemas a la hora de implementar BIM: Desconocimiento de Software; Falta de técnicos cualificados; Falta de mano de obra; Falta de implementación en el sector.

Que carencias presenta BIM: Falta de interoperabilidad con determinados softwares de cálculo.

Capacidades requeridas para formar parte del equipo: Conocimientos del software y de nuestro sistema constructivo.

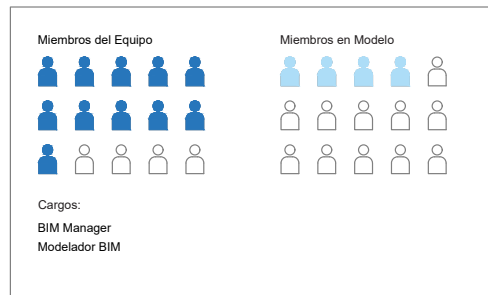
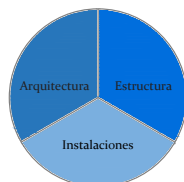


Empresa: **Roansa**
 Software BIM: **Tekla**
 Formación: **No**
 Modelo Colaborativo: **No**
 Materiales: **Hormigón**
 Sistema Industrializado: **Estructura**

Uso: **Colectivo**
 CDE: **Trimble connect**
 Nivel de Implementación: **Completa**
 Nivel de Estandarización: **Bajo**
 Montaje: **Componentes**

- 1D_Concepto
- 2D_Vector
- 3D_Forma
- 4D_Planificación
- 5D_Presupuesto
- 6D_Sostenibilidad
- 7D_Mantenimiento
- _Desmontaje
- _Otras

Disciplinas:



Problemas a la hora de implementar BIM: Tiempo.

Que carencias presenta BIM: Adaptación a las necesidades.

Capacidades requeridas para formar parte del equipo: Ninguna, formamos a las personas nosotros mismas.



Empresa: **Butech**
 Software BIM: **Revit**
 Formación: **Exterior**
 Modelo Colaborativo: **Sí**
 Materiales: **Estructuras mixtas**
 Sistema Industrializado: **Baños+Envolvente**

Uso: **Colectivo**
 CDE: **Servidor Propio**
 Nivel de Implementación: **Parcial, AutoCAD, Rhino**
 Nivel de Estandarización: **Bajo**
 Montaje: **Completo**

- 1D_Concepto
- 2D_Vector
- 3D_Forma
- 4D_Planificación
- 5D_Presupuesto
- 6D_Sostenibilidad
- 7D_Mantenimiento
- _Desmontaje
- _Otras

Disciplinas:



Miembros del Equipo

Miembros en Modelo

Cargos:
 BIM Manager
 Modelador BIM

Problemas a la hora de implementar BIM: inversión económica elevada; Desconocimiento de Software; Falta de técnicos cualificados.

Que carencias presenta BIM: Nivel de detalle.

Capacidades requeridas para formar parte del equipo: Formación técnica: arquitectura técnica o arquitectura.



Empresa: **ABS American Building System**
 Software BIM: **Revit**
 Formación: **No**
 Modelo Colaborativo: **Sí**
 Materiales: **Hormigón**
 Sistema Industrializado: **Estructura+Envolvente**

Uso: **Unifamiliar**
 CDE: **Servidor Propio**
 Nivel de Implementación: **Completa**
 Nivel de Estandarización: **Alto**
 Montaje: **Completo**

- 1D_Concepto
- 2D_Vector
- 3D_Forma
- 4D_Planificación
- 5D_Presupuesto
- 6D_Sostenibilidad
- 7D_Mantenimiento
- _Desmontaje
- _Otras

Disciplinas:



Miembros del Equipo


Miembros en Modelo

Cargos:

Problemas a la hora de implementar BIM: Desconocimiento de Software.

Que carencias presenta BIM: Dificultad de modelado sencillo entramado ligero de madera.

Capacidades requeridas para formar parte del equipo: Conocer el sistema constructivo y saber Revit



Empresa: **Viguetas Navarras**

Software BIM: **No aplica**

Formación:

Modelo Colaborativo:

Materiales: **Hormigón**

Sistema Industrializado: **Envolvente**

Uso: **Colectiva**

CDE:


Nivel de Implementación:

Nivel de Estandarización:


Montaje: **Panel 2D**

- 1D_Concepto
- 2D_Vector
- 3D_Forma
- 4D_Vector
- 5D_Forma
- 6D_Vector
- 7D_Forma
- 8D_Vector
- 9D_Forma


Disciplinas:



Miembros del Equipo:



Miembros en Modelo:




Cargos:

Problemas a la hora de implementar BIM:

Que carencias presenta BIM:

Capacidades requeridas para formar parte del equipo:



Empresa: **ABC Arquitectura Modular**

Software BIM: **Cadwork**

Formación: **Sí**

Modelo Colaborativo: **Sí**

Materiales: **Hormigón**

Sistema Industrializado: **Completo**

Uso: **Público**

CDE: **Servidor Propio**

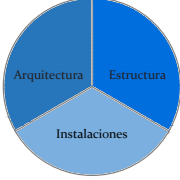
Nivel de Implementación: **Parcial**

Nivel de Estandarización: **Alto**

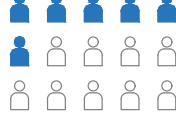
Montaje: **Completo**

- 1D_Concepto
- 2D_Vector
- 3D_Forma
- 4D_Planificación
- 5D_Presupuesto
- 6D_Sostenibilidad
- 7D_Mantenimiento
- _Desmontaje
- _Otras

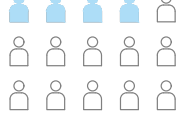
Disciplinas:



Miembros del Equipo:



Miembros en Modelo:



Cargos:

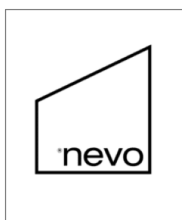
BIM Manager

Modelador BIM

Problemas a la hora de implementar BIM: *Falta de técnicos cualificados.*

Que carencias presenta BIM: *Intercambio con usuarios externos utilizando incluso el mismo software y capacidad para usar los modelos con otros software.*

Capacidades requeridas para formar parte del equipo: *Conocimiento del software, conocimiento de la construcción y conocimiento del proceso de trabajo.*



Empresa: **Nevo**
 Software BIM: **Revit**
 Formación: **Exterior**
 Modelo Colaborativo: **Si**
 Materiales: **Estructuras mixtas**
 Sistema Industrializado: **Baños+Envolvente**

Uso: **Colectivo**
 CDE: **Servidor Propio**
 Nivel de Implementación: **Completa**
 Nivel de Estandarización: **Medio**
 Montaje: **Completo**

- 1D_Concepto
- 2D_Vector
- 3D_Forma
- 4D_Planificación
- 5D_Presupuesto
- 6D_Sostenibilidad
- 7D_Mantenimiento
- _Desmontaje
- _Otras

Disciplinas:



Miembros del Equipo: 10 icons (2 blue, 8 white)

Miembros en Modelo: 10 icons (2 blue, 8 white)

Cargos:
 BIM Manager
 Modelador BIM

Problemas a la hora de implementar BIM: Falta de técnicos cualificados.

Que carencias presenta BIM: Nivel de detalle.

Capacidades requeridas para formar parte del equipo: Conocimientos del software.



Empresa: **Actuhorsa**
 Software BIM: **No aplica**
 Formación:
 Modelo Colaborativo:
 Materiales: **Hormigón**
 Sistema Industrializado: **Estructura**

Uso: **Colectivo**
 CDE:
 Nivel de Implementación:
 Nivel de Estandarización:
 Montaje: **Componentes**

- 1D_Concepto
- 2D_Vector
- 3D_Forma
- 4D_Vector
- 5D_Forma
- 6D_Vector
- 7D_Forma
- 8D_Vector
- 9D_Forma

Disciplinas:



Miembros del Equipo: 10 icons (all white)

Miembros en Modelo: 10 icons (all white)

Cargos:

Problemas a la hora de implementar BIM:

Que carencias presenta BIM:

Capacidades requeridas para formar parte del equipo:



Empresa: **Iberian Precast**
 Software BIM: **Revit**
 Formación: **Sí**
 Modelo Colaborativo: **Sí**
 Materiales: **Hormigón**
 Sistema Industrializado: **Estructura+Envolvente**

Uso: **Colectivo**
 CDE: **Servidor Propio**
 Nivel de Implementación: **Completa**
 Nivel de Estandarización: **Medio**
 Montaje: **Componentes**

- 1D_Concepto
- 2D_Vector
- 3D_Forma
- 4D_Planificación
- 5D_Presupuesto
- 6D_Sostenibilidad
- 7D_Mantenimiento
- _Desmontaje
- _Otras

Disciplinas:



Miembros del Equipo

Miembros en Modelo

Cargos:

- Coordinador BIM
- Modelador BIM

Problemas a la hora de implementar BIM: Desconocimiento de Software.

Que carencias presenta BIM: La carencia principal que puede tener el BIM es el desconocimiento de su uso, lo que podría llevar a falta de precisión y errores.

Capacidades requeridas para formar parte del equipo: Tener una buena capacidad espacial y el equipo informático acorde con los requerimientos del software.

Anexo Entrevistas

A continuación se incluyen las distintas entrevistas realizadas a las empresas del sector que, debido a las razones expuestas en el trabajo (Capítulo 04: Casos de Estudio) han sido seleccionadas para el estudio:

Hermo

Compact Habit

Modulya

WoHo

Entrevista 1: Hermo

1.- Hola buenas tardes ¿Podría contarme cual es el proceso proyectual que seguís y el papel del BIM en él?

Buenas tardes, pues bueno, nosotros utilizamos como plataforma de modelado BIM actualmente, con la que estamos trabajando más es la de Allplan. Bueno pues básicamente Allplan tiene uno de los módulos que se encarga de prefabricado como tal, entonces nosotros a partir del modelado y lo que nos va bien del BIM es la información, extraer toda la información posible y volcarlo en el sistema y que esté todo informatizado entonces que quieres que te explique los procedimientos, los pasos que hacemos con el cliente o como lo implementamos

2.- Sí, programas complementarios, las características del modelo, la estandarización de los elementos

Sí que es verdad que nosotros con la dificultad que nos encontramos es que al ser como una empresa que no interviene en todo el procedimiento integral de lo que es el proyecto, porque al final está ahí el arquitecto, el constructor... La empresa de prefabricados en si no entra a participar tampoco en la fase inicial sabes, queda muy aparte de lo que es el ciclo como tal BIM. Entonces claro, para hacer un proyecto integral como tal o es un actor principal desde el inicio o vas como un poco con un camino paralelo en el proyecto.

3.- Entonces no contáis con un arquitecto que trabaje con vosotros a la hora de realizar el modelo

Bueno lo hacemos nosotros, o sea nuestros mayores clientes, los clientes que tenemos más grandes son o bien arquitectos o bien constructores. Claro que a su vez el arquitecto pues ya ha hecho su modelado en su programa y todo eso

4.- O sea, digamos el arquitecto diseña la casa, el edificio y luego lo comparte

Pues sí el arquitecto lo que suele hacer es que nos pasa su modelo, porque, digamos así quiere industrializarlo, vale, entonces es cuando nos lo pasa a nosotros y nosotros nos tenemos que encargar de que ese modelo que el arquitecto ha diseñado sea construible y prefabricable, industrializado. Eso muchas veces interfiere un poco el diseño, quizás el diseño no es apropiado para que esté industrializado, así que trabajamos conjuntamente y como te digo el arquitecto o bien me lo pasa en un IFC, que es el modelo estándar de intercambio, o en un CAD. Incluso hay veces que, en PDF, pero normalmente como básico un CAD. Ya muchas veces, poco a poco sí que hay despachos que van integrando un poco el IFC o incluso el Sketchup entonces nosotros integramos este modelo en nuestro programa. Vamos trabajándolo, hacemos todo el despiece, miramos a ver cómo sería accesible a la hora de la adaptación a lo que se la obra in situ: si puede llegar el camión,

si se pueden descargar las piezas, cuanto van a pesar o sea hacer un poco lo que es la preconstrucción previa para ver si el proyecto es viable. Esta información la trabajamos luego junto con el arquitecto, porque siempre hay detalles constructivos que vamos trabajando conjuntamente, de si eso se puede hacer, si esto no se puede hacer. Resumiendo, industrializar todo lo máximo para que en obra no tengan que hacer muchos trabajos, desde el pasamuros, las cajas para las persianas, las rozaduras para hacer la impermeabilización, todo tipo de trabajos. Incluso hay veces que insertamos las instalaciones eléctricas, sobre todo tubos corrugados, cajas, todo eso lo vamos trabajando y una vez ya está aprobado y consensuado con el arquitecto sacamos nuestras fichas de producción de cada elemento. Cada ficha ya viene especificada del BIM, lo que nos agiliza todo el proceso, pues una vez introducimos toda esa información en el modelo, toda esa información sale en una ficha de producción que se la pasamos a fábrica de una manera más automática, no en un CAD, en un 2D que sería el doble de trabajo. Los armados, las piezas, ya nos salen todos los elementos y todo el despiece de ferralla ya hecho de todos los estribos que hacen falta: las mallas, los cortes, las barras, todo eso y luego todos los elementos que introducimos en esa ficha que valga para unir en muros entre sí o para lo que sea pues todo eso viene especificado ahí. Luego también lo volcamos en nuestra base de ERP sabemos y controlamos un poco más los costes.

5.- ¿Podrías decirme con qué ERP trabajáis en el modelo?

Pues ahora mismo no sé el nombre creo que IDAT, pero si no te lo confirmo ahora y básicamente trabajamos así, es nuestra metodología. Luego también paralelamente tenemos nuestro programa de cálculo que también lo solapamos y lo introducimos. Pero lo que pasa es que nuestro modelo como tal cuando se lo pasas al arquitecto, el modelo IFC, luego se utiliza para que vaya creciendo, pues bueno, yo creo que muchas veces no. Como cada cliente trabaja con plataformas diferentes, al final que yo modele en Allplan, por mucho IFC, pues a lo mejor el arquitecto de una manera nativa ya está trabajando en Revit. Que se lo pase yo pues bueno, lo tiene como un modelo y ya, no es un modelo vivo en el que yo luego le vaya a introducir datos y datos y que se vaya luego a utilizar como tal claro pero bueno para nosotros, para el proceso de industrializarlo la metodología del BIM y sus programas es perfecta.

6.- ¿Por qué os habéis decantado por Allplan y no por otras?

Pues mira, nos decantamos por Allplan en un principio porque era el que tenía implementado el módulo de prefabricado cuando empezamos y aparte, Allplan es un programa que también lleva mucho tiempo y cuando empezamos era el que tenía la parte de precast más implementado y desarrollado. Hoy en día sí que es verdad que Revit también creo que ha sacado algo, también está Tekla, pero bueno en su día quizás era porque era el que nos ofrecía una parte de modelado arquitectónico y además del prefabricado. Bueno también hemos probado Tekla y hemos estado trabajando en TEKKLA, pero sí que es verdad nos ha realizado más el trabajo

7.- ¿Me podrías decir en que fases del proceso constructivo interviene el BIM de manera principal?

Pues el concepto no lo trabajamos, pero los planos y el modelo si, todo eso lo hacemos con Allplan porque nos simplifica mucho el proceso. La planificación, lo que sería el 4D, no lo sacamos porque es verdad que Allplan como tal sí que es verdad que puede, cuanto más le metas mejor claro, pero eso ya es otro programa, otro plugin que hay que pagar y bueno a priori no porque tenemos una ERP que eso ya nos lo hace y trabajamos con él. Luego el presupuesto sacamos las mediciones con Allplan, pero el presupuesto no porque no tenemos los precios colocados dentro del programa de Allplan porque eso también va con la ERP. Y temas de sostenibilidad o mantenimiento no hacemos nada, ni el 6D ni el 7D tampoco, es lo que te digo, como nosotros siempre nos hemos quedado en una fase más de diseño y construcción, ya no participamos más en el proceso, entonces sí que es verdad que, si tuviera que ser más idílico podríamos introducir datos a nivel de prefabricado, que a lo mejor al modelo le serviría a posterior. Pero no se introducen datos de calidad sabes, yo en su día sí que era algo que barajaba la idea, tenía en mente introducir toda esta información que nos piden paralelamente de certificados o de tema de pruebas de resistencia que hacemos de los lotes y tal. Íbamos a introducirlo en el modelo y es algo que el cliente tendría, pero he de decir que la gente no nos lo ha pedido y sí que es verdad que, si participáramos de una fase inicial, pues quizás a lo mejor es algo que sí que implementaríamos, pero vamos, que en Allplan sí que se podría hacer

8.- Sobre el equipo BIM ¿Cómo es el equipo BIM, cuantos integrantes hay, que puestos ocupan, cuantas personas trabajan en un modelo, que disciplinas intervienen?

En el equipo somos tres y en el modelo realmente trabajamos dos personas, y también es verdad que he de decirte que simultáneamente muy pocas veces. Entonces al final el dueño del modelo siempre es uno, no tienes que estar ni compartimentando, ni compartiendo, es decir yo hago aquí yo hago allá. Normalmente cuando uno coge un proyecto lo hace integro. En el departamento tenemos un BIM manager y luego otro que haría la función de coordinador o técnico BIM. Tampoco somos una oficina técnica muy grande, sobre todo en la parte de lo que es diseño, a lo mejor somos 3 personas

9.- ¿Entonces no usais un modelo colaborativo común, no?

No, no tenemos un modelo colaborativo, muy pocas veces lo hemos usado porque tampoco trabajamos con proyectos muy grandes que lo necesitan. Por ejemplo, no hacemos un Ikea, que a lo mejor sí entendería que tiene que ser así, pero no es el caso.

10.- ¿Para compartir la información utilizáis al algún CDE?

No, o sea bueno para intercambiar información usamos el IFC y que luego pues el cliente en función de su grado de conocimiento, muchas veces al-

gundo simplemente utilizan el IFC como para luego ponerlo en un visor, de IFC u otros, y que a lo mejor pues chupan del modelo y ya está, pero tampoco establecemos flujos de intercambio de información, normalmente el nivel de datos que le puede llegar a pasar es muy bajo, muchas veces no le paso ni el armado porque pesa mucho, simplemente le pasamos los elementos prefabricados, la cimentación y terrenos a lo mejor.

11.- ¿Cuáles son, o han sido los mayores problemas a la hora de implementar la metodología BIM? ¿Qué carencias presenta el BIM actualmente a la hora de realizar un proyecto industrializado?

A veces el peso de los modelos, trabajamos en ingeniería con mucho armado, que pesa mucho en el modelo. Esa sería la mayor dificultad que tenemos y bueno, las dificultades normales de iniciar un cambio en este tipo de trabajo y el proceso quizás de modelado al inicio y de funcionamiento de programa. Luego quizás pues como todos los programas: uy me gustaría que hiciera esto, me gustaría que hiciera lo otro, aunque sobre todo me gustaría que fuera más paramétrico. También en el tema de gestión de datos en Allplan sale mal y es un poquito denso, no es como Revit que creo que a la hora de extraer la información es un poquito más accesible.

12.- Podrías desarrollar esto un poco más, por favor.

Pues Revit es verdad que, a la hora de extraer datos, o sea a nivel de mediciones se pone toda la información que quieras extraer, te da mucha facilidad de hacerte tú las tablas como tú consideres. Es más fácil y tengo la sensación de que no necesitas saber tanto de programación como para poder extraer la información es como más más visual o sea yo quiero una tabla de esto, esto y esto y te lo hace, pero en Allplan es más ardua la tarea de hacer eso, menos intuitivo, no está tan simplificada. A veces entras en unos conceptos más de programación para hacer un informe de mediciones, de algo que realmente a ti te gustaría que te trajera la información así, pero muchas veces tienes que saber conocimientos de programación, o sea en plan de venga va, voy a aprender. Tienes que pasar por el visual para hacer informes claro, dices ostras es un poquito más denso, pero bueno básicamente esa te diría la mayor pega y luego si has probado otras plataformas, otras herramientas, en general puedes comparar. De Allplan yo sé qué cosas me gustaría que tuviera que no tiene, pero supongo que como el que está con Revit o con archicad o con otras plataformas les debe de pasar lo mismo.

13.- ¿Habéis tenido problemas por falta de conocimientos por parte de los técnicos acerca del software?

Sí, sí, porque muchas veces si no sabes cómo es el programa o algunas funcionalidades la información que puedes extraer es errónea

14.- ¿Dentro de la empresa hay alguna formación especial para los miembros del equipo BIM?

Normalmente cuando alguien va a entrar en el departamento, antes se le da como un curso de formación, incluso hubo gente que se le dio la oportu-

nidad de hacer un Master BIM, y luego bueno, si implementamos un programa nuevo hacemos formación. Con Tekla lo intentamos, pero nos ha resultado muy difícil implementarlo.

15.- ¿Y estas formaciones son tanto de dentro de la empresa como de terceros?

Hombre sobre todo de terceros y luego también de dentro de la empresa, pero la mayoría de terceros.

- **Muchas gracias por tu tiempo**

Entrevista 2: Compact habit

1.- ¿Qué programa BIM empleáis cuáles son las razón de la elección?

Utilizamos:

- Tekla: Desarrollamos todo aquellos relacionado con la especialidad de estructura.
- Revit: Desarrollamos todo aquellos relacionado con la especialidad de arquitectura.
- Trimble: Lo utilizamos como entorno común de datos (CDE).

2.- ¿La integración del software BIM es completa o parcial, en caso de ser parcial que otros programas se emplean y en qué procesos?

Actualmente estamos usando el sistema BIM parcialmente pero intentando cada vez que su uso sea más global. Nos ayudamos de programas como Autocad para el desarrollo de planos de detalle y Microsoft Office para la creación de hojas de cálculo.

3.- ¿De qué manera interviene el BIM en cada una de estas dimensiones a lo largo del proyecto?

1D: Concepto: nosotros no desarrollamos proyectos así que el concepto ya nos llega planteado.

2D: Planos: Los sacamos de nuestros modelos desarrollados en Tekla. Si el nivel de detalle es muy elevado, los hacemos en Autocad.

3D: Modelo: Lo creamos en Tekla o Revit.

4D: Planificación: utilizamos el programa Project pero no lo tenemos conectado con el modelo.

5D: Presupuesto: Lo hacemos en TCQ pero no lo conectamos con nuestro modelo.

6D: Sostenibilidad: De momento nuestra implementación no ha llegado a este punto.

7D: Mantenimiento: De momento nuestra implementación no ha llegado a este punto.

Desmontaje: De momento nuestra implementación no ha llegado a este punto.

Logística: De momento nuestra implementación no ha llegado a este punto.

4.- ¿Cuál es el proceso proyectual del diseño? ¿Los módulos se diseñan con unos elementos estandarizados, con unas medidas constantes o existe flexibilidad?

El proceso proyectual empieza con una charla con los arquitectos para ver los requerimientos de cada proyecto. Nuestros módulos se adaptan al proyecto hasta llegar a unos tamaños de 15x5 metros. A parte de la flexi-

bilidad en el tamaño, nuestros módulos pueden solventar requerimientos de proyectos como núcleo de comunicaciones vertical, voladizos, etc...

5.- ¿Qué características generales presentan los modelos? (Hay un único modelo central, nivel de detalle, LOD, disciplinas que intervienen, intercambios de información, CDE empleado)

Nuestra oficina se encarga mayoritariamente de la especialidad de estructura así que el programa más usado es Tekla. En Tekla no hay modelos centrales, sino que el modelo es colaborativo. Llegamos a modelar a un LOD 300 y para el nivel de detalle restante lo definimos en Autocad.

Nuestro CDE es el Trimble donde participan el resto de colaboradores del proyecto.

6.- ¿Cómo está organizado el equipo BIM? ¿Cuántas personas lo forman? ¿Qué cargos hay?

Nuestra oficina técnica está aún en proceso de implantación del sistema BIM así que ahora mismo no tenemos cargos diferenciados.

Aún así, de las 4 personas que estamos recibiendo formación en la metodología BIM, tendríamos al jefe de la oficina técnica que ejerce de BIM Coordinator y tres personas que hacen de Modeladores BIM.

7.- ¿Cuáles son, o han sido los mayores problemas a la hora de implementar esta metodología?

Tenemos colaboradores que aún no trabajan con el sistema BIM así que es complicado algunas veces su aplicación en el desarrollo de nuestros proyectos.

8.- ¿Qué carencias presenta el BIM actualmente a la hora de realizar un proceso de industrialización?

Siguiendo con la respuesta a la pregunta anterior, la mayor dificultad que nos encontramos ahora mismo es poder encontrar colaboradores que trabajen con la metodología BIM. Eso nos fuerza a tener que tirar muchas veces de los sistemas en CAD para que puedan acceder a nuestra documentación.

Entrevista 3: Compact habit

1.- ¿Qué programa BIM empleáis cuáles son las razón de la elección?

Utilizamos un poco, una variedad, no es demasiado complejo pero tampoco nos ceñimos a un solo programa. Mayoritariamente usamos Revit a la hora del trabajo, también porque lo más estandarizado dentro de la industria. Pero ya que estaba yo a cargo de la implantación BIM en la empresa, que hasta hace poco estábamos trabajando, bueno, estaban trabajando de forma más tradicional. No solo he querido tirar simplemente por el estándar de la industria y al final es lo que más hemos tirado y tal sino también usamos en ocasiones Archicad. Depende para que uso, voy variando un poco o sea muchas veces con la interoperabilidad, el IFC, igual en pasamos archivos de un lado a otro y dependiendo de las necesidades que tengamos para el proyecto opto por uno o por otro software de modelado

2.- ¿La integración del software BIM es completa o parcial, en caso de ser parcial que otros programas se emplean y en qué procesos?

En este momento es parcial, estamos en proceso, expandiendo al resto de áreas, pero todavía no ha sido posible. Primero porque no llevamos tanto tiempo con la implementación y hemos ido siguiendo los pasos poco a poco. También, a la hora de que el equipo empezase a usar los programas y que aprendiera cada cosa, también muchas veces dependemos del contratista o los proveedores con los que trabajamos, ya que si no lo usan tenemos que hacer el doble de trabajo para adaptar lo que ellos manden a BIM, un poco camino de hormiguita. A la hora de complementar pues usamos varios programas, para la presentación y las mediciones usamos Presto. Es cierto que hasta hace muy poco lo hacíamos de forma independiente, se calculaba sin tener en cuenta el modelo, porque a veces no estaba completo o se habían hecho de una forma más general, para un proyecto básico y no se había llegado aún a un nivel de detalle mayor. Pero poco a poco estamos implementándolo de forma que toda la información que vamos diseñando desde Revit tenga sentido a la hora de hacer una valoración, una medición en condiciones. Eso, por un lado, otra cosa que también es bastante importante, porque ahora estamos en proceso, hemos ido cambiando la metodología del estudio y hemos estado implementando BIM estos últimos meses y tal desde que entre aquí, precisamente para implementar BIM, es el tema de la visualización en 3D y lo que es un poco de marketing de cara al cliente. Ya que bueno muchos de estos proyectos que se han iniciado nuevos lo que están es en una etapa temprana de desarrollo, algunos están empezando a hacerse realidad, algunos han terminado un poco y otros están en fase más temprana. Entonces, una de las patas más fuertes que hemos tenido que desarrollar es el tema de la visualización en 3D, la presentación al cliente. Hemos querido tirar, sobre todo, por temas de visualización en tiempo real, porque es más sencillo y cada vez la diferencia de calidad con software de renderizado, tema V-Ray o algo así es cada vez menor. A la hora

de hacer una presentación a un cliente es más sencillo si lo puede ver en tiempo real y si se pueden hacer cambios en tiempo real y si entonces, dependiendo de también de la de las necesidades, usamos tanto Unreal Engine como la plataforma social que tienen con el Twinmotion para hacer presentaciones de recorridos virtuales en los que el cliente pueda moverse por dentro y D5Renders para otros proyectos lo que lo más importante lo más necesario era hoy imagen me presentaciones de imágenes o videos de recorrido pero ya no se pueden hacer nosotros editamos y hacíamos nuestra nuestros propios recorridos internos y tal y necesitamos unos tiempos de exportación que fueran medianamente asumibles para según qué cosas. Es que por una exportación o de una renderización de un video de un recorrido de uno de los edificios que estábamos haciendo que encima muchos estábamos haciendo para trabajadores temporales con lo cual teníamos que integrarlo con el terreno, con la zona de cultivos y se nos sobrecarga muchísimo a la hora de la integración en visualización 3D. A la hora de exportar luego eran días del ordenador bastante potente que tenemos aquí lo que tienes solo para eso y a veces claro no llegas a la reunión a tiempo porque tienes que esperar como 70 horas para que llegue a que este el video exportado y lo que tenga que editarlo y tal. Entonces bueno, hemos ido adaptando las herramientas que tenemos para tener las cosas a una calidad lo más decente posible, lo más adecuada posible, con enfoque fotorrealista, pero sin que sean unos tiempos de exportación altísimos.

3.- ¿De qué manera interviene el BIM en cada una de estas dimensiones a lo largo del proyecto?

Ya, te voy diciendo, de momento sostenibilidad y mantenimiento son nuestros deberes, estamos intentando incluirlos, pero todavía estamos en un momento en la que no abarcamos todo. Hay cosas que bien sea por falta de experiencia del equipo que no estamos suficientemente preparados para todas las fases de proyecto. Como lo de nuestros proveedores, a veces no podemos hacer un trabajo extra. Luego del resto, del concepto si, bueno, vamos trabajando con varios niveles de detalle y desarrollo entonces desde un principio ya los nuevos proyectos que iniciamos, como tenemos diferentes áreas tanto de estos alojamientos de temporeros como módulos para el sénior living tenemos unos módulos bases en los que vamos jugando, como si fuera un lego, una cosa que está muy poco detallada, que nos sirve para hacer juegos con eso y de ideación más, casi como si fueran maquetas. Después sí que a la hora de preparar del todo el básico o el de ejecución vamos ampliando el nivel de detalle. Tenemos otras plantillas que sí que tenemos cosas preestablecidas, porque como trabajamos en forma industrializada y modular, vamos jugando con módulos que ya tenemos hechos y que podemos reutilizar de un proyecto a otro. Por eso es tan interesante la implementación BIM dentro de una empresa como esta, sobre todo por un tema de ahorro de tiempo y de costes. A la hora de desarrollar un producto sabemos qué hacemos trabajo repetitivo, que podía ahorrarse. Te digo planificación y tal que ya todo lo que sacamos cada vez bueno a menos de que nos venga cuando tenemos que subcontratar con una inge-

niería alguna cosa que ahí con mandar los planos en AutoCAD y no tenemos otra cosa que hacer, que, o rehacemos todo el trabajo. Todo el resto ya sea los planos tenemos plantilla y maquetación propias en la que ya lo sacamos todo, a todo nivel de detalle.

3.1.- Y utilizáis el modelo para el desmontaje o la logística la construcción

No, no, porque a la hora de trabajar con industria y fabricación, encontramos el escollo, no tanto de nuestra parte, sino de las empresas con las que colaboramos que todavía no han dado el paso al frente en muchas cosas.

4.- ¿Cuál es el proceso proyectual del diseño? ¿Los módulos se diseñan con unos elementos estandarizados, con unas medidas constantes o existe flexibilidad?

Pues básicamente los módulos interiores de tanto el senior living como de los temporeros, lo que sería la capa interior, los órganos interiores del edificio están planteados como bloques y luego vamos uniendo, vamos sumando y vamos mezclando. Dependiendo de las condiciones del terreno o de alguna condición de diseño específica del proyecto vamos jugando con ello, como con bloques de lego en los que vamos fluyendo. Y ese trabajo ya lo tenemos hecho, que a menos de que haya unos cambios específicos en un proyecto, por un tema más especial, ya sea por características del terreno o así, lo que son las características exteriores del edificio, vamos jugando con ellas y lo que sí que es una tarea que de momento tenemos que hacer a mano, en la que hay más variabilidad también, es en la envolvente. La envolvente del edificio tenemos que trabajarla con ellos, eso en cuanto a arquitectura luego, ya lo que es el instalaciones y estructuras es otra cosa. Eso sí que tenemos que trabajar a mano, ahí no podemos reemplazar trabajo con tanta facilidad, porque ahí sí que cambia mucho dependiendo del proyecto.

5.- ¿Qué características generales presentan los modelos? (Hay un único modelo central, nivel de detalle, LOD, disciplinas que intervienen, intercambios de información, CDE empleado)

En cuanto al CDE estamos con BIM 360, es con el que más hemos trabajado. También he trabajado con Trimble connect, que lo prefiero, porque soy un poco raro dentro de la industria, porque soy un poquito hater de Autodesk. La verdad me parece que son abusivos con sus precios y con sus políticas y que algunos programas los tienen un poco abandonados. Pero bueno, por eso a veces trabajamos con Archicad también, porque así me despejo un poco, me gusta tener un entorno de trabajo diferente, tampoco estar subyugado todo el día a solo poder usar su producto y no poder salir de ahí. Al principio no trabajábamos con modelo colaborativo, es una cosa que hemos ido trabajando poco a poco, nos hemos ido formando y les he ido enseñando estamos implementándola bien todavía. Al principio estábamos usando modelos no colaborativos porque básicamente iba tocando yo alguna cosita, luego iba señalando algo alguien, tocaba otra cosita, pero tampoco había una comunicación tan grande porque no se necesita-

ba. Solo estábamos haciendo una disciplina al mismo tiempo, como ya hemos estado haciendo más extensiva la implementación del BIM, ahora ya sí que trabajamos con modelos colaborativos más complejos, tenemos arquitectura, instalaciones, estructura. Una vez que ya han ido aprendiendo un poco, me puedo despegar un poco de la parte de arquitectura y me quedo más que la parte de las instalaciones. Al principio, la ideación de conceptos, a la hora de añadir el nivel de detalle, el equipo ya va modelando las partes que necesitamos, configuración de envolventes, cosas que dejo yo preestablecidas en los propios archivos, tanto de materiales, tipos de muros, las que usamos para que sea más sencillo a la hora de usarlo. El nivel de detalle a la hora de hacer un proyecto básico o un anteproyecto un LOD 200 o una cosa así, un básico poco detallado, muchas veces en la en las planimetrías que y sacamos luego no haya mucho detalle, porque no lo necesitamos en ese momento. A la hora de hacer algo más avanzado, como un proyecto básico, en sí, o un proyecto de construcción 350 o así y ahí ya si tenemos un desglose de material, de capas. Visualizaciones de plantas en las que se ven cosas, los muros tienen más detalle, las uniones están detalladas, a la hora de la estructura a veces la modelamos al completo con total detalle, pero nos sobrecargaba mucho, no todos los equipos podían llevarlo adelante. Hay algunas partes que sí que las modelamos de una forma más básica, con un menor LOD y luego hacemos un detalle en un DWG. Hay cosas que a veces se deja un detalle dibujado a mano e incluso dentro del propio Revit, yo la verdad que AutoCAD intento tocarlo lo menos posible, ya cada día intento olvidar una cosa nueva.

6.- ¿Cómo está organizado el equipo BIM? ¿Cuántas personas lo forman? ¿Qué cargos hay?

Pues bueno, si me hubieras preguntado la semana pasada, sería una respuesta diferente porque ahora mismo somos dos, pero éramos 5 hasta hace un par de días, hemos tenido cambios en el equipo. Entonces ahora estamos en un proceso de captación ahora de nueva gente. Entonces te comento, hasta hace una semana, como estado trabajando. Los 5 teníamos acceso y manejábamos los modelos, es cierto que sobre todo los otros cuatro se dedicaban a arquitectura y dos de ellos a la estructura. Los 5 metíamos mano en arquitectura, aunque yo solo estaba metiendo mano en la fase inicial y dos de ellos aparte estaban con estructura. En cuanto a instalaciones ahí solo solo entraba yo la hora de hacer cambios

7.- ¿Cuáles son, o han sido los mayores problemas a la hora de implementar esta metodología?

Sí, aunque cada uno dentro de la empresa tenemos otras posiciones también, o sea yo sí que estoy enfocado sobre todo en el tema del BIM, del Revit, de la imagen en 3 D y la presentación digital al cliente. Pero bueno, el que está metido con estructuras, que es una de las personas de la empresa a la que le estoy formando poco a poco a la hora de modelado BIM es un aparejador. Tienen otros roles, pero aparte estamos yendo hacia este camino juntos.

8.- ¿Qué carencias presenta el BIM actualmente a la hora de realizar un proceso de industrialización?

Muchísimos, pero principalmente ha sido la falta de experiencia y la costumbre de trabajar con otra metodología. Otra es el problema que te he contado de la estandarización con la industria y con la gente con la que trabajamos, no somos como un islote en mitad del océano, sino que trabajamos con más gente, al menos por esta zona que es donde trabajamos mayormente, el sur de Andalucía no hay tantas empresas que hayan dado el paso, si en cuanto a arquitectura, pero no tanto en cuanto a la industria, lo cual me resulta raro, pensaba que iba a ser, al contrario, la verdad. Antes de entrar a hacer este tipo de cosas pensaba que iba a estar más movido de cara a la industria, pero supongo que hay cosas difíciles de implementar porque supone un cambio a la hora de concebir la arquitectura y de y de cómo se trabaja. Entonces hay mucha gente que lleva muchos años trabajando en una cosa y no van a cambiar de la noche a la mañana. Ahí, aunque yo pueda formar lo que pueda a los míos, no es una cosa que salga de un día para otro, sencilla, la verdad que no es fácil. Luego es verdad que hay interoperabilidad entre programas, pero tampoco es total. Muchas veces te encuentras con errores con conexiones entre programas que no funcionan todo lo bien que debería. Las suscripciones completamente abusivas, precio están totalmente fuera de todo orden de lógica, porque si quieres tenerlo todo y de una de una forma legal no tiene ningún tipo de sentido. Porque encima nunca llegas a ser propietario del software, siempre estás alquilando una licencia temporal. Sobre todo, porque muchas veces trabajas y no puedes estar actualizando todos los años todos los programas constantemente, ni todos los equipos y si no lo actualizas te vas quedando atrás. Es un lío con las licencias bastante interesante, como alguien en todo el proceso de desarrollo no esté en la misma versión, ya la hemos cagado, y es difícil. Son muchas cosas, porque el programa de modelado es el ERP, son miles de cosas que tienes que tener en cuenta, una vez que todo está controlado, que todo está asentado, hace que el trabajo fluya de una forma muchísimo mejor, que se puedan llevar a cabo más proyectos en menos tiempo, con menos trabajo que te puedas ir a tu casa antes... Pero hasta llegar a ese punto tienes que sufrir. A la hora de lo que hacemos nosotros, la construcción modular industrializada, no tenemos muchas facilidades de diseño a la hora de hacer nuestro trabajo. También es lógico que estén enfocados a la arquitectura tradicional, bueno lógico no sé hasta qué punto, pero a la hora de hacer lo que nosotros hacemos, para el tema de la concepción de los módulos y cómo los introducimos dentro de un proyecto de Revit, cómo lo guardo dentro de la plantilla para que luego pueda usar nuestros proyectos, pero luego la plantilla se sobrecarga demasiado, entonces hay que hacer demasiados cambios en el software base de cara a que sea luego funcional. Ya de cara al trabajo o que las vistas de hojas de cuantificación de materiales no son excesivamente sencillas, si yo le quiero enseñar a alguien de aquí para que ellos puedan cuantificar también cosas y puedan sacar hojas como un Excel de número de fuerzas que vamos a usar aquí, tienen que ponerse a averiguar para que te salga la hoja de una forma bien. Hay muchos factores que yo en-

tiendo que es complicado que diseñe bien en el programa, pero bueno con lo que cuestan debería integrar ese tipo de cosas. Luego cambiar de un lado de un año para otro que te hace falta cambiar la forma en la que diseña o en la que estás modelando. Por ejemplo, en Revit 24 han cambiado el toposolid y la forma en la que se hacía la topografía y esto ha sido un coñazo absoluto. Por eso muchas veces digo uso Archicad en caso de que sea un diseño temprano y luego vamos a hacer algo más, pero lo que necesitamos al principio es una visualización para venderle la idea al cliente, que nos contrate y luego ya poder realizar el proyecto en condiciones. La topografía es demasiado importante, entonces digo vale, este proyecto es con Archicad.

Entrevista 4: WoHo

Debido a problemas en cuanto a la disponibilidad por parte de WoHo, esta entrevista se divide en dos partes. La primera es una visita guiada por el laboratorio de WoHo, donde el BIM manager detalló los procesos constructivos, la implantación de la metodología BIM y algunas imágenes provenientes de los modelos. En segundo lugar se llevó a cabo rápidamente esta entrevista:

1.- ¿Qué programa BIM empleáis y cuál es la razón de la elección?

Usamos Revit, porque nos parece que es el único software que a nivel usuario integra perfectamente arquitectura estructura e instalaciones y por la integración que tiene con CAD y con todos los suministradores

2.- ¿La integración del software BIM es completa o parcial, en caso de ser parcial que otros programas se emplean y en qué procesos?

La integración es completa como te explicaba ayer con BIM utilizamos Manufacton para el tema de la aplicación y de la y de temas de industrialización y luego ERPs para tema de ventas

3.- ¿De qué manera interviene el BIM en cada una de estas dimensiones a lo largo del proyecto?

Concepto ninguna vale todo lo que el concepto del proyecto suele hacer siempre trabajamos en maqueta hacemos maquetas con elementos que tienen las dimensiones de nuestro módulo y una vez que ya tenemos la masa la geometría ya empezamos a meter nuestros módulos como si fuesen legos. En fase de planos entera, desde planos presupuesto, planificación, todo eso, sostenibilidad porque hacemos las mediciones en Revit para ver la huella de carbono.

4.- ¿Cuál es el proceso proyectual del diseño? ¿Los módulos se diseñan con unos elementos estandarizados, con unas medidas constantes o existe flexibilidad?

Lo que te explicaba el otro día, nuestro proceso es un diseño cerrado es un producto y tiene la versatilidad que pones dos juntos, dos módulos juntos y abres una puerta entre ellos y ya tienes una habitación, si tienes una casa del doble de metros cuadrados puede ser una tercera puerta incluso la altura también puedes comunicar, pero el producto es el producto.

5.- ¿Qué características generales presentan los modelos? (Hay un único modelo central, nivel de detalle, LOD, disciplinas que intervienen, intercambios de información, CDE empleado)

El bim en lo que hacemos es tenemos cada componente, que son los que viste aquí: muro, chasis, ventana y losa dibujado y lo que hacemos son me-

diante links hacemos la unidad y luego hacemos links de la unidad y con eso configuramos los proyectos

6.- ¿Cómo está organizado el equipo BIM? ¿Cuántas personas lo forman? ¿Qué cargos hay?

Hay un Project manager siempre por proyecto y luego estoy yo con el producto y tenemos otras dos personas encargadas de integración de sistemas

7.- ¿Cuáles son, o han sido los mayores problemas a la hora de implementar esta metodología?

El mayor problema la implementar la metodología es que al estar todo absolutamente dibujado admite pocas variaciones. Cuando hacemos cualquier cambio implica muchísimo trabajo de data, de cambiar todo lo que se había hecho previamente todas las mediciones, los recorridos, hay que cambiar todas las presentaciones, todo eso...

8.- ¿Qué carencias presenta el BIM actualmente a la hora de realizar un proceso de industrialización?

Pues por ejemplo me gustaría que desde BIM que desde Revit se pudieran hacer que el nosotros necesitamos el programa está en manufactura órdenes de compra directamente que desde BIM se pudieran que fuese más interactivo para sacar presupuestos para hacer estimaciones y mediciones hay que ser muy muy fino y jugar mucho con parámetros. Se suelen hacer con softwares siempre externos que pueden ser vinculados a Revit, pero son externos.