

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
MÁSTER UNIVERSITARIO
Ingeniería Informática



TRABAJO FIN DE MÁSTER

**Estudio exploratorio sobre la
implementación de la tecnología BIM en
una Administración Local**

Realizado por **Miguel Pérez Alonso**



Universidad de Valladolid

17 de septiembre de 2021

Tutor: Miguel Ángel Martínez Prieto

Tutor: Julián Arroyo Álvarez

Resumen

El Building Information Modeling (BIM) es la mayor innovación que se ha realizado en el sector industrial de la construcción. Esta innovación viene proporcionada por la incorporación de una nueva metodología y herramienta software que tiene en cuenta todo el ciclo de vida de la edificación y sus participantes. En este trabajo se hace una pequeña introducción al BIM, al formato en el que se guardan los distintos modelos de la construcción y el modelo de datos existente detrás de dichos ficheros. También se explican con un ejemplo los pasos a seguir si una organización quiere implementar la metodología BIM.

Descriptores

Building Information Modeling, datos, construcción, edificación, implantar.

Abstract

Building Information Modeling (BIM) is the greatest innovation that has been made in the construction industry. This innovation is provided by the incorporation of a new methodology and software tool that takes into account the entire life cycle of the building and its participants. In this document a short introduction to BIM is made, to the format in which the different construction models and the existing data model behind these files are saved. The steps to follow if an organization wants to implement the BIM methodology are also explained with an example.

Keywords

Building Information Modeling, data, building, construction, introduce.

Índice general

Índice general	III
Índice de figuras	V
Índice de tablas	VII
1. Introducción	1
1.1. Marco	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Estructura	2
2. Marco teórico	4
2.1. <i>Building Information Modeling</i> (BIM)	6
2.2. Industry Foundation Classes (IFC)	12
2.3. Arquitectura	13
2.4. Herramientas	25
3. Hoja de ruta para la implantación de BIM	40
3.1. Pasos genéricos	40
3.2. Explicación de los diferentes pasos con un ejemplo	41
4. Conclusiones	48
Apéndices	50
Apéndice A Planificación	51
A.1. Plan de fases	51
A.2. Planificación de las actividades	52
A.3. Recursos	53
A.4. Coste	53

Índice general

IV

Bibliografía

55

Índice de figuras

1.1. Ejemplos de incidencias en las construcciones	2
2.2. Ciclo de vida de una edificación [15]	8
2.3. Modelo de datos de BIM	14
2.4. Modelo utilizando ArchiCAD [71]	25
2.5. Modelo utilizando Autodesk Revit [75]	26
2.6. Modelo utilizando Allplan [76]	26
2.7. Modelo utilizando AECOsim [78]	27
2.8. Modelo utilizando Vectorworks [80]	27
2.9. Modelo utilizando Edificius [82]	28
2.10. Modelo visualizado con ZOOM [84]	28
2.11. Modelo visualizado con BIMx [87]	29
2.12. Modelo visualizado con Solibri [89]	29
2.13. Modelo visualizado con A360 [91]	30
2.14. Modelo visualizado con Dalux [93]	30
2.15. Modelo visualizado con Bimsync [94]	31
2.16. Modelo visualizado con BIMVision [96]	31
2.17. Modelo visualizado con BIMkeeper [?]	32
2.18. Modelo visualizado con usBIM [100]	32
2.19. Naviswork [101]	33
2.20. SYNCHRO [102]	33
2.21. TCQi [104]	34
2.22. Arquímedes [105]	35
2.23. Presto - Cost It [106]	35
2.24. MidePlan [107]	36
2.25. IBM Maximo [109]	36
2.26. Archibus [110]	37
2.27. EcoDesigner [112]	37
2.28. Green Building Studio [113]	38
2.29. CYPETHERM HE [114]	38

A.1. Cronograma 52

Índice de tablas

2.1. Información de los distintos tipos de formatos [23]	12
2.2. Atributos de IfcRoot [27] [28] [29]	15
2.3. Atributos de IfcObjectDefinition [32]	17
2.4. Atributos de IfcObject [33]	18
2.5. Atributos de IfcTypeObject [34] [35]	19
2.6. Atributos de IfcActor [36] [37] [38]	19
2.7. Atributos de IfcControl [39] [40]	19
2.8. Atributos de IfcGroup [41] [42]	20
2.9. Atributos de IfcProcess [43] [44]	20
2.10. Atributos de IfcProduct [45] [46]	21
2.11. Atributos de IfcResource [47] [48]	21
2.12. Atributos de IfcTypeProcess [50]	22
2.13. Atributos de IfcTypeProduct [51]	22
2.14. Atributos de IfcTypeResource [52]	23
2.15. Atributos de IfcRelAssociates [58] [59]	23
2.16. Atributos de IfcRelAssigns [64] [65]	24
2.17. Atributos de IfcRelDeclares [66]	24
2.18. Atributos de IfcPropertyDefinition [68]	24
2.19. Resumen de las herramientas	39
A.1. Duración de las fases del proyecto	52
A.2. Recursos	53

1: Introducción

Con el objeto de dar cumplimiento a la legislación vigente sobre la ejecución de los Trabajos de Fin de Máster, TFM, y en concreto, lo establecido en RESOLUCIÓN de 20 de enero de 2012, del Rector de la Universidad de Valladolid, por la que se acuerda la publicación del reglamento sobre la elaboración y evaluación del trabajo de fin de master (aprobado por el Consejo de Gobierno, sesión de 12 de enero de 2008, «B.O.C. y L.» n.º 35, de 20 de febrero, modificado en Comisión Permanente el 20 de enero de 2020). Normativa de la UVA, se redacta el presente trabajo.

Este proyecto es la continuación de una propuesta presentada por la Universidad de Valladolid para la realización de las prácticas de la asignatura “I+D+i en Informática”. consistía en realizar una pequeña introducción al mundo de la tecnología BIM (Building Information Modeling).

Los motivos de la selección de esta propuesta fue el desconocimiento que tenía acerca de la tecnología BIM y que se empezaba a exigir como requisito en los concursos de obras públicas. Estos hechos despertaron mi curiosidad para investigar qué era BIM y las razones de que fuese obligatorio su utilización. Además del análisis de futuras aplicaciones de la tecnología.

1.1. Marco

En el mundo de la construcción y edificación algunos proyectos se han visto implicados en alguna incidencia. Estas incidencias vienen generadas por las estimaciones realizadas en el proyecto como el diseño de cierta funcionalidad que luego, trasladada a la realidad, no funciona como se espera. En el caso de las estimaciones previstas inicialmente se ven afectadas en la medida que el proyecto va avanzando, llegando a casos en los que el coste final es superior al presupuestado inicialmente. Además los proyectos se alargan más de lo previsto temporalmente. Un ejemplo de esto es el aeropuerto de Berlín-Brandeburgo que lleva 8 años de retraso y 6500 millones de euros de sobrecoste [1]. Existen ejemplos de construcciones¹ que se realizan sin revisar los diseños finales y que generan problemas

¹Como se puede observar en <https://about-haus.com/15-errores-de-construccion/>.

en los usuarios como la rampa para las sillas de ruedas o la colocación de la caja contra incendios detrás de una barandilla la cual no permite la apertura de dicha caja en caso de necesitarlo o colocar una columna en mitad del pasillo. A continuación se adjuntan las imágenes extraídas de la web.



(a) Rampa para las sillas de ruedas (b) Mala ubicación de la caja contra incendios

Figura 1.1: Ejemplos de incidencias en las construcciones

Además es un sector al que le han salpicado casos de corrupción asociadas a las diferentes administraciones públicas que han realizado sobornos, amaños, comisiones ilegales, blanqueo... inflando los costes [2]. Para evitar que sucedan estas cosas (mala inversión del dinero público o desviación del dinero público entre otras cosas) se está obligando a utilizar la tecnología y metodología BIM para asignar la ejecución de un proyecto público que ha sido licitado.

1.2. Objetivos

El objetivo general en el desarrollo de este trabajo final de máster ha sido realizar una pequeña introducción sobre BIM. Con esta introducción se pretende que el lector obtenga un conocimiento acerca de lo que es BIM, el modelo de datos subyacente y los pasos a seguir en caso de querer implantarlo en una organización.

1.3. Estructura

La estructura del presente documento es sencilla. Está formada por dos partes, una más teórica y otra más práctica. En la parte teórica se explica qué es BIM y su modelo de

datos mientras que en la parte práctica se describe los pasos para implantar BIM en una organización acompañado de un ejemplo.

Incluyendo los apartados básicos de un proyecto, la estructura del trabajo es el siguiente:

- **Capítulo 1: Introducción**

Presentación del contenido que se desarrolla en el transcurso del presente documento.

- **Capítulo 2: Marco teórico**

Se describe qué es BIM y se explica de forma superficial el modelo de datos en los cuales se almacena la información.

- **Capítulo 3: *Roapmap***

Se explica con un ejemplo los pasos a seguir en el caso de implantar la tecnología BIM en su organización.

- **Capítulo 4: Conclusiones**

Se sintetizan las diferentes conclusiones obtenidas y las futuras líneas de trabajo que tiene este proyecto.

- **Bibliografía**

Se recopilan todas las fuentes consultadas en la elaboración del trabajo.

- **Anexo A: Plan de proyecto**

Se analiza la organización que se ha seguido durante la realización del proyecto y los recursos utilizados.

2: Marco teórico

El cambio tecnológico es un proceso que experimentan gran parte de los sectores a lo largo de su historia. Consiste en incorporar al mercado las nuevas tecnologías existentes proporcionando una mejora en el bienestar social. También es conocido como proceso tecnológico. Es una de las fuerzas más importantes de la historia de la humanidad al proporcionar a esta un incremento en la producción manteniendo la cantidad de factores productivos. Se puede demostrar que existe una fuerte interacción entre la sociedad y la tecnología. La tecnología afecta a la sociedad con el proceso tecnológico (ejemplo: la utilización de Internet) y simultáneamente la sociedad influye en la evolución de la tecnología (por ejemplo: el impulso de las energías renovables) [3].

El proceso tecnológico tiene lugar a través de mejoras cuantitativas en la productividad y mediante la producción de calidad superior a partir de una misma cantidad de recursos. Las mejoras cuantitativas consiste en producir la misma cantidad de producto utilizando menos recursos o, de otra manera, generar más productos con la misma cantidad de recursos mientras que la producción de calidad superior está relacionada con la introducción de nuevos productos y/o mejoras cualitativas en los productos actuales [3].

La clave del proceso o cambio tecnológico es la tecnología. La tecnología es un conjunto de conocimientos que se aplican a una actividad de producción de bienes o servicios. Su incorporación en una empresa puede ser innovadora (si es la primera vez que se incorpora a la misma) además de permitir la reducción del consumo de recursos, aumentando su capacidad de producción, gestionando y controlando la cantidad de residuos, sustancias contaminantes que generan. Este concepto tiene relación con otros que son la ciencia y la técnica [3].

La tecnología es el “conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico” [4]. La ciencia es el “conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales con capacidad predictiva y comprobables experimentalmente” [5]. Tradicionalmente la división entre ambas, se asociaba a que la tecnología era una actividad propia de los ingenieros mientras que la ciencia de los

investigadores. Actualmente esta división es bastante difusa debido a que los trabajos se encuentran intensamente entrelazados [3].

Los dos términos tecnología y técnica se confunden en el lenguaje coloquial, por lo que se procede a realizar una definición. La tecnología es la combinación de diferentes técnicas de producción añadiendo el conocimiento adquirido abarcando un conjunto de técnicas. La técnica es el conjunto de métodos operativos empleados durante la elaboración de un producto mientras que la técnica son operaciones y prácticas adquiridas y perfeccionadas con el tiempo [3].

Después de hacer una breve introducción acerca del cambio tecnológico se puede observar que la innovación va de la mano. Se considera innovación a todo aquel cambio que se realiza por primera vez dentro de una empresa ya sea mejorando el proceso de producción o/y añadiendo nueva tecnología aunque estas mejoras lleven tiempo en el mercado e implantadas en otras empresas.

La introducción de la innovación en un empresa está muy relacionada con el sector económico y el mercado en el que se haya posicionado. No es lo mismo estar situado en el sector y mercado alimentario en el cual la innovación es bastante importante que en otro sector donde la competencia es muy reducida. Las innovaciones en el sector/mercado de la alimentación tienen como objetivo obtener una ventaja competitiva frente a los competidores ya sea con la venta de nuevos productos y/o la reducción de los costes de producción de forma que se amplían el margen de beneficio.

Un sector que no ha realizado una innovación relevante es el sector de la construcción. La innovación en este sector consisten en mejoras cuantitativas que consisten en producir el mismo producto (de buena calidad) utilizando menos recursos. El problema viene en que a día de hoy (siglo XIX) no se han integrado eficazmente estos avances desde el punto de vista tecnológico, innovador y de gestión. Lo que permitiría que tuvieran una capacidad de producción y competitividad similar al resto de sectores del ámbito industrial [8].

Esta es una característica común que se puede generalizar entre los países pertenecientes a la Unión Europea. El sector de la construcción tiene importancia tanto a nivel social como económicamente pero es el sector industrial con menor índice de productividad y competitividad [8]. En el caso de España el sector de la construcción tiene asignado los códigos de la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE) 41, 42 y 43 [6] y según las estadísticas del Instituto Nacional de Estadística se invirtieron 287.239 millones de euros [7] que supone el 1.48 % de todo los gastos en actividades innovadoras del país, mientras que el sector de vehículos de motor (CNAE 29) suponen el 10.39 % del gasto (2.015.508 millones de euros) [7].

El sector de la construcción se basa en proyectos en donde la metodología a utilizar en el desarrollo y gestión del mismo no proporciona facilidades para la complementación de otras herramientas que ayuden a reducir la incertidumbre y riesgos del proyecto además de aumentar la fiabilidad y cumplimiento de los objetivos propuestos, tanto a nivel de plazos y costes como la calidad resultante. Esto genera una necesidad de actualizar el sector de forma que se ajuste a las exigencias de sostenibilidad haciendo que en un entrono

digital se pueda considerar todo su ciclo de vida desde su inicio hasta su demolición o nueva funcionalidad y facilitando la colaboración de los actores implicados en las distintas fases [8].

Como expresa la comisaria de la Unión Europea Elżbieta Bienkowska en el prólogo de “Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo” [9]: “La construcción está asistiendo a su propia «revolución digital» que sin embargo, hasta el momento solo venía aportando mejoras modestas en términos de productividad. Diferentes segmentos de la cadena de valor están adoptando con rapidez la metodología BIM como herramienta estratégica para ahorrar costes, mejorar la productividad y la eficiencia de las operaciones, aumentar la calidad de las infraestructuras y mejorar el comportamiento medioambiental”.

La innovación más importante en el sector de la construcción viene acompañada de una revolución digital proporcionada por la incorporación de una herramienta tecnológica novedosa denominada *Building Information Modeling* (BIM). En el siguiente apartado explicaré en que consiste dicha tecnología que es el centro de la transformación digital en este sector debido a que es un factor estratégico para lograr los objetivos tanto a nivel de plazos, costes y calidad garantizando beneficios económicos, sociales y medioambientales [9].

2.1. *Building Information Modeling* (BIM)

Aunque el concepto *Building Information Modeling* ha empezado a generar bastante interés en los últimos años, se empezó a desarrollar en la década de 1970 y se ha ido transformando hasta principios de los años 2000 [10] [11].

Un poco de historia

Todavía no se ha aclarado el origen del concepto existiendo varias corrientes. En la primera corriente el origen se ubica en 1985 cuando una empresa húngara (Graphisoft) lo implanta con el nombre *Virtual Building* en el software que utilizaban denominado *ArchiCAD*. Siendo este programa el primer software para una computadora capaz de crear dibujos en 2D y 3D. La segunda corriente ubica el origen en 2002 cuando la empresa *Autodesk* compró la compañía *Revit Technology Corporation*. Otra corriente defiende que a principios de los años 70 se empezó a difundir el concepto a través de los numerosos artículos y libros publicados por el profesor Charles M. Eastman del Georgia Tech Institute of Technology. La corriente que ha generado una mayor aprobación es de 2003, cuando Jerry Laiserin popularizó el término BIM para denominar a la representación digital de procesos de construcción para facilitar el intercambio y la interoperabilidad de la información en formato digital [12] [13].

¿Qué es BIM?

El acrónimo de BIM es Building Information Modeling (en inglés) mientras que en castellano sería Modelado de Información de Construcción o Modelado de Información para la Edificación. BIM, como se vio con anterioridad, era la representación digital de procesos de construcción para facilitar el intercambio y la interoperabilidad de la información en formato digital. Actualmente existen definiciones más precisas recogidas por el estándar internacional ISO 19650:2019² y el comité de proyecto estándar del modelo de información nacional de Edificios de Estados Unidos. La definición de BIM según la ISO 19650:2019 es “uso de una representación digital compartida de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación para formar una base confiable para las decisiones” [10]. La definición proporcionada por el comité de proyecto estándar del modelo de información nacional de Edificios de Estados Unidos amplía la del estándar “el modelado de información de construcción (BIM) es una representación digital de las características físicas y funcionales de una instalación. Un BIM es un recurso de conocimiento compartido para obtener información sobre una instalación que forma una base confiable para las decisiones durante su ciclo de vida; definido como existente desde la concepción más temprana hasta la demolición” [10].

BIM también es una metodología colaborativa interdisciplinar que apoyada por diversas tecnologías y herramientas permiten la generación y gestión de representaciones digitales de una edificación o infraestructura además de documentar todo el ciclo de vida. Esta metodología colaborativa implica una forma de actuar y razonar diferente a la metodología tradicional cambiando la visión a corto plazo en el sector de la construcción a una visión a largo plazo en la que hay múltiples disciplinas conectadas. El ciclo de vida se considera desde que se define conceptualmente hasta su posterior mantenimiento o demolición pasando por su construcción e incluso su reciclado y adaptación del mismo para otra actividad diferente a la inicial [14].

²Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modelling). Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling). Parte 1: Conceptos y principios.



Figura 2.2: Ciclo de vida de una edificación [15]

BIM pre-construye digitalmente una infraestructura haciendo uso de un contenedor único. En este contenedor se almacena toda la información fiable (coherente, coordinada y ordenada) generada en todas las fases que se comparte con los distintos participantes; proporcionando a estos la operabilidad a tiempo real. Ayuda a la coordinación de toda la documentación generada en el proceso reduciendo los posibles errores ya que se mantiene continuamente actualizada a tiempo real [14].

Beneficia a todos los sectores de la construcción (urbanismo, geotecnia...) al impulsar su industrialización por la incorporación de nuevas metodologías y tecnologías. Siendo sumamente escalable, su implementación se ajusta en función de los distintos factores que pueden afectar al proyecto véase los requisitos y los conocimientos de los agentes [14].

BIM se refiere tanto a la metodología como al modelo obtenido. El modelo digital construido forma una base de conocimiento fiable con el cual los participantes del proyecto pueden trabajar colaborativamente. El modelo BIM es un prototipo que pretende representar virtualmente lo que se quiere construir o explotar en la realidad. Se representa en 3 dimensiones todos los elementos de la construcción que se almacenan en la base de datos orientada a objetos. Esto es posible porque dichos elementos almacenan información que permite su visualización. Con los modelos se realizan las diferentes pruebas para comprobar el correcto funcionamiento de la edificación, su comportamiento desde el punto de vista energético, la eficacia de las medidas de seguridad... Al estar almacenado en un único contenedor hace que sea un modelo centralizado [14].

Ventajas

La utilización adecuada de BIM proporciona una mejora notable en la calidad del proyecto desde múltiples aspectos (técnicos o sociales) con procesos capaces de analizar la factibilidad, reducir el riesgo y mejorar la comunicación del equipo de forma que se

maximiza el valor, reduciendo las actividades que no favorecen a nadie. Aumentando la eficacia de las estimaciones y cumplimientos de los costes y plazos [14].

BIM se puede utilizar junto a otras metodologías y tecnologías más tradicionales siempre que quede perfectamente documentado el grado de hibridación de las mismas y lo acordado por las diferentes partes [14].

En la fase de planificación, BIM facilita la definición de los requisitos del proyecto además de los criterios de aceptación de los mismos. También permite estudiar la viabilidad en estudios previos al proyecto, analizarlo y evaluar el coste durante todo su ciclo de vida [14].

En la fase de diseño, al ser una metodología colaborativa, favorece la comunicación de los integrantes del equipo al disponer de forma accesible, transparente y actualizada la información. Esta colaboración contribuye a reducir las posibles incoherencias entre las distintas disciplinas participantes en el proyecto. Al contar con la participación de los responsables de las siguientes fases (construcción y explotación) permite la toma temprana de decisiones que favorecen la gestión eficiente de los costes. Así mismo, la toma de decisiones irán en función del beneficio que generan en la construcción o de las restricciones de diseño permitiendo optimizar el coste. Incrementa la calidad del proyecto realizando distintas auditorias que analizan la constructibilidad y simula soluciones diseñadas a través de la automatización de procesos. Otorgando un mayor control del coste tanto en la fase de construcción como en la de mantenimiento (BIM 5D) [14].

Durante la fase de la construcción, BIM consolida un mayor control de la documentación a todos los integrantes. Este control facilita la ejecución de la planificación, un mayor control de los costes y la reducción de errores en la planificación mediante la simulación de las tareas. Permitiendo la reducción de los tiempos de ejecución y el ahorro de coste además de los riesgos relacionados con la seguridad y salud (simulación de las actividades críticas). La realización de las auditorias proporcionan mayor seguridad y eficiencia al proyecto al poder trazar todas las decisiones tomadas mejorando el seguimiento de su ejecución con su visualización (posible desviación). La obtención de datos digitales en uno o varios archivos relacionados con cohesión y coherencia, permite mostrar los trabajos en proceso y/o finalizados, facilitando la detección de desviaciones e identificación de los controles de calidad [14].

Las ventajas de la fase de explotación están relacionadas con el modelo generado. El modelo es la única fuente fiable que reúne toda la información actualizada que es necesaria para el uso de la construcción y su posterior mantenimiento sin necesidad de comprobar el estado. Destacando que se definen los trabajos de mantenimiento y se facilita su planificación. También contiene todos los datos e historia de su construcción y explotación. Estos modelos deben integrarse a los sistemas de gestión de mantenimiento mostrando la información necesaria. Recalcar que BIM permite la gestión eficiente de cualquier construcción independientemente de su tamaño y complejidad desde un único inmueble [14].

Estos son algunos de los motivos del incremento de la popularidad de la metodología BIM que se refleja en el aumento del número de gobiernos u promotores públicos que lo están utilizando.

Niveles o dimensionalidad BIM

Los propósitos o utilidades de BIM se consideran dimensiones o niveles. Cada dimensión/nivel representa un propósito además de proporcionar un nivel de profundidad al modelo. Este nivel de profundidad viene definido por la cantidad de información que se está compartiendo y manejando. Sin embargo, a partir del quinto nivel (5D) no hay consenso llegando a existir algunas organizaciones (por ejemplo: Institution of Structural Engineers de Reino Unido) que recomiendan usar como máximo el cuarto nivel [10] [11].

Nivel 0 BIM

No existe cooperación entre los participantes. Las representaciones utilizadas son de diseño asistido por computadora (CAD) en 2D y trabando con dibujos e impresiones digitales. Actualmente, la mayoría de las empresas de la industria están en un nivel superior.

Nivel 1 BIM

Se utiliza el CAD en 3D para el trabajo conceptual pero para la redacción de la información y su documentación el 2D. Los datos se comparten de forma electrónica desde el entorno de datos común gestionado por el contratista. No implica mucha colaboración porque cada empresa publica y gestiona sus propios datos. Actualmente muchas empresas se encuentran en este nivel.

Nivel 2 BIM

En este nivel se empieza a desarrollar un entorno colaborativo. Todos los miembros participantes del proyecto utilizan modelos 3D diseñados por CAD aunque pueden ser diferentes. La información se comparte con un formato de archivos común a través del formato IFC (Industry Foundation Class) proporcionado por el software CAD. De forma que cuando las empresas lo combinan con sus propios datos permiten ahorrar tiempo y reducen los costes además de no necesitar re-trabajar los datos.

Nivel 3 BIM

Este nivel es más colaborativo. Aquí cada participante del equipo trabaja en el mismo modelo compartido en vez de su propio modelo. Es un modelo OpenBIM al cual los integrantes pueden acceder y/o modificar además de añadir una capa de protección frente a errores.

Nivel 4 BIM

Un modelo de nivel 4 o 4D permite la vinculación de los componentes y actividades con la información relacionada con el tiempo/programación. Realiza una simulación a tiempo real de la construcción. Permite evaluar la planificación, secuenciar las actividades, visualizar la ruta crítica, mitigar riesgos y monitorizar el progreso de actividades a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Todos los participantes en el diseño y construcción del edificio pueden visualizar la secuencia de eventos en orden temporal permitiendo analizar si se están produciendo errores, solucionarlos, gestionar soluciones y optimizar los resultados como son las mejoras en la productividad (horarios mejores, planes logísticos...). Este nivel suele utilizarse en proyectos más grandes aunque tradicionalmente era para proyectos de alto nivel debido a sus costes.

Nivel 5 BIM

Se añade al modelo la información relacionada con los costes (dimensión de “costes”). Permite la visualización instantánea del progreso de la construcción además de los costes y representación financiera a lo largo del tiempo. Esta visualización mejora las estimaciones y minimiza los incidentes permitiendo a los consultores invertir más tiempo en mejorar el valor de la construcción. Además ofrece un mayor potencial para la gestión y entrega de proyectos independientemente de su tamaño y complejidad.

Nivel 6 BIM

En este nivel la información que se añade permite la gestión y mantenimiento de la instalación. Sin embargo, como se comentó, a partir del nivel 4 no hay consenso y en ocasiones este nivel se utiliza con fines de sostenibilidad. Este modelo se debería entregar una vez finalizado el proyecto porque proporciona una descripción relevante de los componentes y servicios utilizados en la construcción como son los datos y detalles del producto, manuales de mantenimiento y otros relevantes.

Nivel 7 BIM

Se incorporan los componentes de sostenibilidad permitiendo validar las decisiones y comparar las opciones además de la visualización de los objetivos de emisión de carbono para un elemento.

Nivel 8 BIM

En este nivel se incorporan los aspectos de seguridad desde la etapa de diseño como en la de construcción.

2.2. Industry Foundation Classes (IFC)

La tecnología BIM utiliza el estándar IFC para el almacenamiento de la información de los modelos en un fichero. IFC o Industry Foundation Classes es un estándar común (ISO 16739-1: 2018) [19] [20] para el intercambio abierto de modelos de datos en la industria de la construcción de forma segura sin conllevar la posible pérdida o modificación de estos independientemente de la aplicación software utilizada [17] [18] [21].

Es un formato de archivo basado en objetos con una estructura de datos precisa [22] desarrollado por buildingSMART [16] cuya finalidad principal es la de facilitar la interoperabilidad dentro del sector de la construcción y su utilización, como se ha comentado antes, en proyectos basados en BIM [17] [18].

Tipos de formatos

Los archivos IFC se pueden codificar en varios formatos, cuya elección es importante debido al tamaño de los datos de construcción porque cada uno de los formatos tiene su respectiva ventaja y desventaja en cuanto a su compatibilidad, escalabilidad y legibilidad del software [23].

Los formatos más utilizados son:

Nombre	Extensión	Estándar	Texto	Tamaño
STEP Physical File (SPF)	.ifc	ISO 10303-21	Sí	100 %
Extensible Markup Language (XML)	.ifcXML	ISO 10303-28	Sí	113 %
ZIP	.ifcZIP	-	No	17 %

Tabla 2.1: Información de los distintos tipos de formatos [23]

- IFC-SPF: es el formato IFC más utilizado permitiendo que el texto sea compacto y legible para el usuario. Cada línea representa un registro de un objeto.
- IFC-XML: es el formato más adecuado para la interoperabilidad con herramientas XML y el intercambio de modelos en construcciones parciales. Es un formato poco común en la práctica porque el tamaño del fichero es 4 a 8 veces más grandes que el correspondiente fichero IFC-SPF.
- IFC-ZIP: es el formato comprimido que consta de un archivo IFC-SPF o IFC-XML incrustado.

El formato IFC está escrito en formato ASCII por lo que es legible para los seres humanos. A continuación, se muestra un fragmento de un archivo escrito en formato IFC-SPF (.ifc).

```

#115=IFCPROPERTYSINGLEVALUE('Se mueve con rejillas ',$,IFCBOOLEAN(.T.),$);
#116=IFCAXIS2PLACEMENT3D(#1092189,$,$);
#117=IFCPROPERTYSINGLEVALUE('Estilo de pilar ',$,IFCIDENTIFIER('Vertical'),$);
#118=IFCPROPERTYSINGLEVALUE('Recubrimiento de armadura – Cara inferior ',$,
  IFCLABEL('Configuraci\X2\00F3\X0\n de recubrimiento de armadura:
  Revestimiento de armadura 1'),$);
#119=IFCPROPERTYSINGLEVALUE('\X2\00C1\X0\ngulo ',$,IFCPLANEANGLEMEASURE(0.),$);
#120=IFCPROPERTYSINGLEVALUE('Recubrimiento de armadura – Cara superior ',$,
  IFCLABEL('Configuraci\X2\00F3\X0\n de recubrimiento de armadura:
  Revestimiento de armadura 1'),$);
#121=IFCCARTESIANPOINT((1.33772832012751,0.479664416240533,3.74));
#122=IFCCARTESIANPOINT((1.32947832012751,1.52624904263013,3.74));

```

En este fragmento de código se definen los diferentes objetos asignando un único valor mediante `IfcPropertySingleValue`. En las líneas #121 y #122 con `IfcCartesianPoint` se define un punto mediante las coordenadas (x, y, z) siguiendo la ISO/CD 10303-42:1992 [26] en un sistema de coordenadas cartesianas ortogonal. Mientras que con `IfcAxis2Placement3D` (#116) proporciona la ubicación del elemento #1092189 en el espacio tridimensional. El símbolo \$ indica que ese atributo está vacío.

2.3. Arquitectura

La información que se almacena en un modelo centralizado BIM está estructurada del cual se extrae cualquier tipo de documentación (planos, listados). Las posibles visualizaciones depende de la información con la que se ha enriquecido el modelo. Existiendo la posibilidad que la información almacenada provenga de otras fuentes de información externas a BIM (sistemas de gestión de la información, herramientas de planificación control de costes...) [14].

El archivo IFC define un modelo de relación de entidad organizadas de forma jerárquica basada en objetos formada por varias entidades [20] [22].

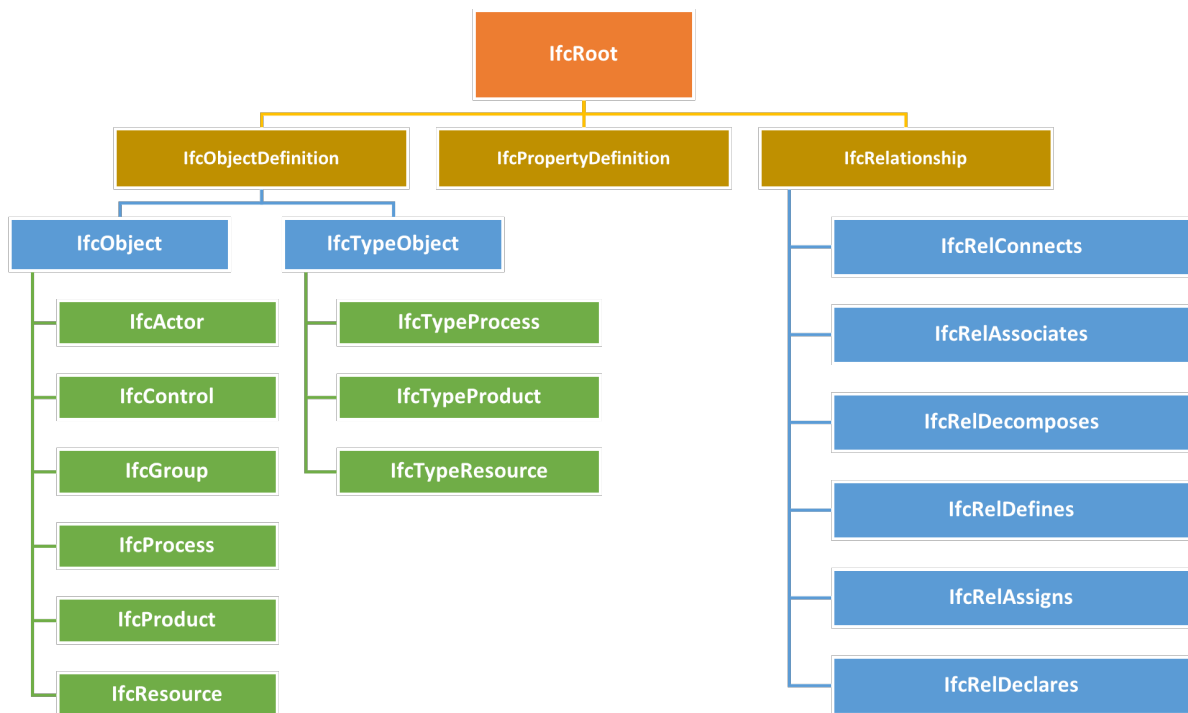


Figura 2.3: Modelo de datos de BIM

La clase raíz más abstracta para todas las posibles definiciones de entidades IFC se denomina **IfcRoot**. IfcRoot es el supertipo común a todas las entidades IFC incluso las entidades definidas con un esquema de recursos IFC. En función de su origen se puede o no utilizar de forma independiente. Todas las entidades subtipos se pueden utilizar de forma independiente mientras que las entidades de esquema de recursos no son identidades independientes al no considerarse subtipos de IfcRoot. La clase IfcRoot asigna un identificador único global (*GlobalID*), la información de la propiedad (*OwnerHistory*) y la historia de la entidad pudiendo proporcionar un nombre (*Name*) y una descripción (*Description*). De esta clase heredan 3 clases nuevas: IfcObjectDefinition (define las entidades), IfcPropertyDefinition (clasifica las propiedades relacionadas con las entidades) e IfcRelationship (precisa las relaciones entre las entidades) [27] [28].

Atributo	Tipo	Cardinalidad	Descripción
GlobalId	IfcGloballyUniqueId	[1:1]	Identificador único global
OwnerHistory	IfcOwnerHistory	?	Información acerca del propietario actual del objeto (Actor propietario, aplicación, identificación local, información capturada sobre los cambios recientes del objeto). Solo se almacena la última modificación
Name	IfcLabel	?	Nombre opcional para uso de los sistemas de software o usuarios participantes. En algunos subtipos de IfcRoot, es necesario que se cumplimente
Description	IfcText	?	Descripción opcional, proporcionada para el intercambio de comentarios informativos

Tabla 2.2: Atributos de IfcRoot [27] [28] [29]

La cardinalidad está expresada con EXPRESS-G. El primer carácter indica el valor mínimo posible y el segundo el valor máximo posible. El carácter “?” significa indeterminado [30].

La clase **IfcObjectDefinition** permite la generalización de cualquier cosa o proceso tratado desde el punto semántico. Se divide en IfcObject e IfcTypeObject. IfcObject representa los objetos tangibles físicamente, objetos físicamente existentes y procesos mientras que IfcTypeObject captura definiciones de tipo o plantillas. Un objeto es una entidad abstracta o tangible que describe una parte de la construcción [22]. Las definiciones del objeto pueden estar ampliadas con la utilización de los atributos que hereda de la clase IfcRoot. Un contexto es una definición específica de objeto que proporciona el contexto del proyecto en el cual se definen los tipos de objetos y ocurrencias. Los objetos son informaciones independientes que contienen o referencian otras piezas de información. Hay varios tipos elementales de relaciones en las que las definiciones de objeto pueden estar involucradas:

- Asignación de otros objetos: se refiere a la relación de asignación bidireccional entre tipos de objetos. Es una asignación semántica que se establece a nivel de subtipos de la relación y no genera una dependencia implícita a priori.
- Asociación a recursos externos: relación de asociación a fuentes externas de información creando una relación unidireccional sin dependencia implícita.

- Agregación de otros objetos: relación de agregación que establece una relación bidireccional de todo/parte con dependencia implícita.
- Anidamiento de otros objetos: relación ordenada, no espacial, todo/parte de anidamiento con su relación bidireccional estableciendo una dependencia implícita.
- Declaración dentro de un contexto: Aplica las unidades, contexto de representación y otra información del contexto de la definición de objeto y todas sus dependencias [31] [32].

Atributo	Tipo	Cardinalidad	Descripción
HasAssignments	IfcRelAssigns	S[0:?]	Referencia a los objetos con los que tiene una relación de asociación (subtipos de IfcObject).
Nests	IfcRelNests	S[0:1]	Referencia a la relación de descomposición que es un anidamiento todo/parte donde un objeto sólo puede pertenecer a una única descomposición.
IsNestedBy	IfcRelNests	S[0:?]	Referencia a la relación de descomposición anidada en la que está definida el objeto dentro de una relación todo/parte. Este objeto puede estar anidado por varios objetos.
HasContext	IfcRelDeclares	S[0:1]	Referencia al contexto proporcionando información del mismo.
IsDecomposedBy	IfcRelAggregates	S[0:?]	Referencia a la relación de descomposición que es una agregación desordenada todo/parte donde la definición del objeto puede ser agregadas por otros objetos.
Decomposes	IfcRelAggregates	S[0:1]	Referencia a la relación de descomposición que es una agregación desordenada todo/parte donde la definición del objeto puede ser parte de una descomposición.
HasAssociations	IfcRelAssociates	S[0:?]	Referencia a documentación externa u otras definiciones de recursos.

Tabla 2.3: Atributos de IfcObjectDefinition [32]

La letra S de la cardinalidad significa que el atributo es una colección desordenada sin elementos duplicados (SET) [30].

Atributo	Tipo	Cardinalidad	Descripción
ObjectType	IfcLabel	?	Denota un tipo particular de objeto.
IsDeclaredBy	IfcRelDefinesByObject	S[0:1]	Relación con el objeto al cual declara y proporciona las definiciones para este objeto siendo parte de una descomposición.
Declares	IfcRelDefinesByObject	S[0:?]	Relación con todos los objetos de los cuales recibe una definición. Formando parte de una descomposición y proporcionando información específica.
IsTypedBy	IfcDefinesByType	S[0:1]	Conjunto de relaciones de tipo de objeto que proporciona la definición del propio objeto. Contiene la información específica indicada a través del IfcTypeObject asociado en ese momento.
IsDefinedBy	IfcRelDefinesByProperties	S[0:?]	Conjunto de relaciones que definen propiedades adjuntas del objeto (definidas tanto estáticamente como dinámicamente).

Tabla 2.4: Atributos de IfcObject [33]

Atributo	Tipo	Cardinalidad	Descripción
ApplicableOccurrence	IfcIdentifier	?	Define el tipo de datos del objeto (con el que puede relacionarse).
HasPropertySets	IfcPropertySetDefinition	? S[1:?]	Establece las propiedades únicas asociadas al tipo de objeto.
Types	IfcRelDefinesByType	S[0:1]	Señala aquellos objetos que estén definidos por este tipo.

Tabla 2.5: Atributos de IfcTypeObject [34] [35]

IfcObject se subdividen en 6 conceptos fundamentales [20] [33]:

1. **IfcActor:** define todos las personas u organizaciones involucradas durante el proceso constructivo.

Atributo	Tipo	Cardinalidad	Descripción
TheActor	IfcActorSelect	[1:1]	Información sobre el actor.
IsActingUpon	IfcRelAssignsToActor	S[0:?]	Relación (asociación) que tiene el actor con un objeto.

Tabla 2.6: Atributos de IfcActor [36] [37] [38]

2. **IfcControl:** generalización abstracta de todas aquellas reglas y conceptos que controlan el tiempo, el coste, el alcance o limitan el uso de productos, procesos o recursos.

Atributo	Tipo	Cardinalidad	Descripción
Identification	IfcIdentifier	?	Identificador asignado al controlador
Controls	IfcRelAssignsToControl	S[0:?]	Indica que objetos están asignados al controlador

Tabla 2.7: Atributos de IfcControl [39] [40]

3. **IfcGroup:** representación de colecciones o agrupaciones topológica de objetos para un propósito particular.

Atributo	Tipo	Cardinalidad	Descripción
IdGroupedBy	IfcRelAssignsToGroup	S[0:?]	Referencia a todos los objetos asignados al IfcGroup.

Tabla 2.8: Atributos de IfcGroup [41] [42]

4. **IfcProcess:** representa tareas, eventos y procedimientos que ocurren en el tiempo.

Atributo	Tipo	Cardinalidad	Descripción
Identification	IfcIdentifier	?	Identificador asignado a un proceso o actividad.
LongDescription	IfcText	?	Descripción ampliada de lo que se ofrece.
IsPredecessorTo	IfcRelSequence	S[0:?]	Dependencia entre dos actividades. Referencia a la actividad posterior de esta.
Is SuccessorFrom	IfcRelSequence	S[0:?]	Dependencia entre dos actividades. Referencia a la actividad posterior a esta.
OperateOn	IfcRelAssignsToProcess	S[0:?]	Indica con qué otros objetos (productos, procesos...) opera.

Tabla 2.9: Atributos de IfcProcess [43] [44]

5. **IfcProduct:** representa cualquier entidad geométrica en el espacio.

Atributo	Tipo	Cardinalidad	Descripción
ObjectPlacement	IfcObjectPlacement	?	Ubicación del producto en el espacio. Ya sea de forma absoluta (sistema de coordenadas mundial), relativa (respecto a otro producto) o de restricción.
Representation	IfcProductRepresentation	?	Referencia a las representaciones geométricas del producto.
ReferencedBy	IfcRelAssignsToProduct	S[0:?]	Referencia a otros productos, procesos, controles, recursos o actores que pueden relacionarse con este producto.

Tabla 2.10: Atributos de IfcProduct [45] [46]

6. **IfcResource:** representa el uso de un bien con su disponibilidad, coste, planificación y otros impactos en un proceso [20] [22].

Atributo	Tipo	Cardinalidad	Descripción
Identification	IfcIdentifier	?	Identificador asignado al recurso.
LongDescription	IfcText	?	Descripción detallada del recurso.
ResourceOf	IfcRelAssignsToResource	S[0:?]	Indica con que objetos tiene relación siendo un recurso de los propios objetos.

Tabla 2.11: Atributos de IfcResource [47] [48]

Mientras que IfcTypeObject se divide en 3 [49]:

1. **IfcTypeProcess:** Define específica de un tipo de proceso o actividad sin asignar a un horario. Pudiendo tener una lista con las propiedades.

Atributo	Tipo	Cardinalidad	Descripción
Identification	IfcIdentifier	?	Identifica a un tipo de proceso.
LongDescription	IfcText	?	Descripción larga que describe en detalle la actividad.
ProcessType	IfcLabel	?	Indica el tipo particular del proceso
OperatesOn	IfcRelAssignsToProcess	S[0:?]	Indica sobre que otro objeto opera este tipo de proceso.

Tabla 2.12: Atributos de IfcTypeProcess [50]

2. **IfcTypeProduct:** Define un producto sin que pertenezca a la estructura de un proyecto ni estar incluido en el contexto de la representación.

Atributo	Tipo	Cardinalidad	Descripción
RepresentationMaps	IfcRepresentationMap	L[1:?]	Lista de mapas. Cada mapa describe el estilo del producto.
Tag	IfcLabel	?	Identificador del tipo particular del producto.
ReferencedBy	IfcRelAssignsToProduct	S[0:?]	Referencia a todos los productos con los que pueden relacionarse con este tipo de producto.

Tabla 2.13: Atributos de IfcTypeProduct [51]

Donde L representa una Lista que es una colección de elementos ordenados y únicos [30].

3. **IfcTypeResource:** Define la especificación de un recurso la cual podría servir como plantilla de ese recurso.

Atributo	Tipo	Cardinalidad	Descripción
Identification	IfcIdentifier	?	Identificación asignada al tipo de recurso.
LongDescription	IfcText	?	Descripción larga que indica el recurso en detalle.
ResourceType	IfcLabel	?	Denota el tipo particular de recurso.
ResourceOf	IfcRelAssignsToResource	S[0:?]	Referencia a todos los objetos para los que este tipo de recurso es un recurso.

Tabla 2.14: Atributos de IfcTypeResource [52]

La clase **IfcRelationship** representa la generalización abstracta de todas las relaciones objetivas en IFC siendo éstas la forma más común de manejar las relaciones entre los objetos. Permite mantener las propiedades específicas de la relación directamente en la relación posibilitando el manejo del comportamiento específico de la misma. Las relaciones son de uno a uno o de uno a varios [53] [54]. Existen 6 tipos de relaciones fundamentales [20] [55]:

1. **IfcRelConnects**: indica una relación de conectividad entre objetos siguiendo algunos criterios [56] [57].
2. **IfcRelAssociates**: relación unidireccional que indica las referencias externas de información de un objeto.

Atributo	Tipo	Cardinalidad	Descripción
RelatedObjects	IfcDefinitionSelect	S[1:?]	Conjuntos de objetos o propiedades a las que se asocian las referencias o información externas.

Tabla 2.15: Atributos de IfcRelAssociates [58] [59]

3. **IfcRelDecomposes**: Captura una relación completa de elementos que se componen o descomponen de forma exclusiva implicando dependencia en el caso de las descomposiciones [60] [61].
4. **IfcRelDefines**: Indica una relación de instancia en la que se permite heredar las propiedades tipo [62] [63].

5. **IfcRelAssigns**: Explica las relaciones de asignación en donde un objeto consume/-necesita los servicios de otro.

Atributo	Tipo	Cardinalidad	Descripción
RelatedObjects	IfcObjectDefinition	S[1:?]	Objetos relacionados que se asignan a un objeto.
RelatedObjectsType	IfcObjectTypeEnum	?	Tipo particular de relación de asignación.

Tabla 2.16: Atributos de IfcRelAssigns [64] [65]

6. **IfcRelDeclares** [54]: Maneja la declaración de objetos o propiedades a un proyecto o biblioteca de proyectos.

Atributo	Tipo	Cardinalidad	Descripción
RelatingContext	IfcContext		Referencia al IfcProject al cual asigna información adicional.
RelatedDefinitions	IfcDefinitionSelect	S[1:?]	Conjunto de definiciones de objeto o propiedad que son asignados a un contexto. En el cual se aplican las definiciones de unidad y representación de ese contexto.

Tabla 2.17: Atributos de IfcRelDeclares [66]

La clase **IfcPropertyDefinition** define la generalización de todas las características que se pueden asignar a los objetos. Los subtipos de esta clase incluyen definiciones de conjuntos de propiedades y plantillas de propiedades [67] [68] [69].

Atributo	Tipo	Cardinalidad	Descripción
HasContext	IfcRelDeclares	S[0:1]	
HasAssociations	IfcRelAssociates	S[0:?]	Referencia a las relaciones de tipo IfcRelAssociates (conceptos definidos de forma externa) asociadas a la definición de una propiedad.

Tabla 2.18: Atributos de IfcPropertyDefinition [68]

2.4. Herramientas

Actualmente existe numerosas herramientas de tipo software que permiten el desarrollo y ejecución de proyectos BIM. A continuación se describen algunas herramientas en función de la fase del proyecto BIM en la que este se encuentre [70].

Para el **modelo BIM** de edificaciones tenemos:

- **ArchiCAD** de Graphisoft permite el diseño de cualquier proyecto independientemente de su tamaño de forma eficiente e intuitiva [71]. Además posee una gran biblioteca con objetos prediseñados. Siendo este software uno de los primeros pioneros en BIM, actualmente la última versión estable es la 24 (8 de julio de 2020) [70] [72].

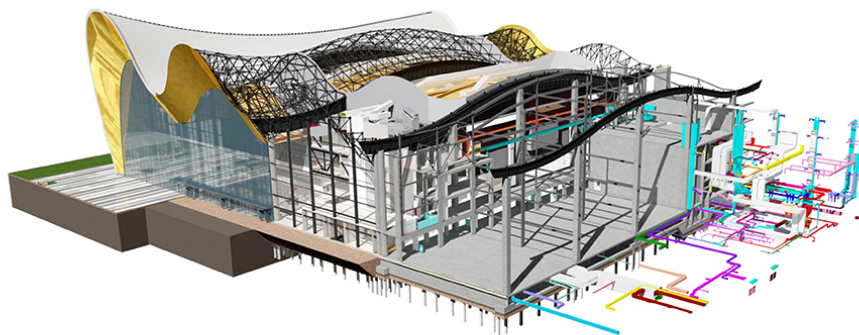


Figura 2.4: Modelo utilizando ArchiCAD [71]

- **Autodesk Revit** de Autodesk es un software que permite al usuario diseñar una edificación con elementos de modelado y dibujo paramétrico³ utilizando la metodología colaborativa (BIM) [73]. También permite la conectividad con otros productos software (Autocad, Dynamo) [74].

³Es una técnica avanzada de diseño digital basado en un esquema algorítmico.



Figura 2.5: Modelo utilizando Autodesk Revit [75]

- **Allplan** de Nemetschek es una herramienta alemana que se describe como “un sistema CAD orientado a BIM” [74].

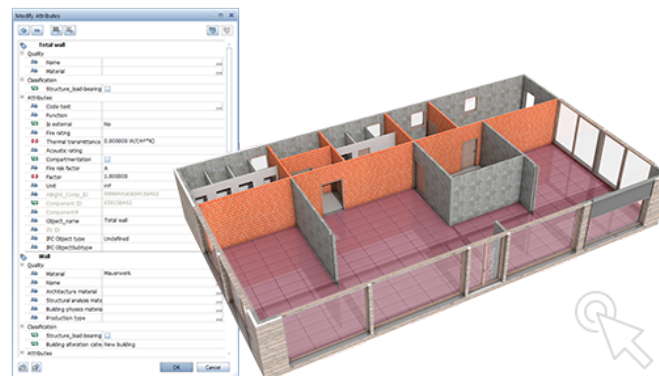


Figura 2.6: Modelo utilizando Allplan [76]

- **AECOSim** de Bentley Systems está orientada a las fases posteriores que al propio diseño. Permite el diseño y visualización de edificios además de la posibilidad de analizarlo y realizar la documentación [70] [77].

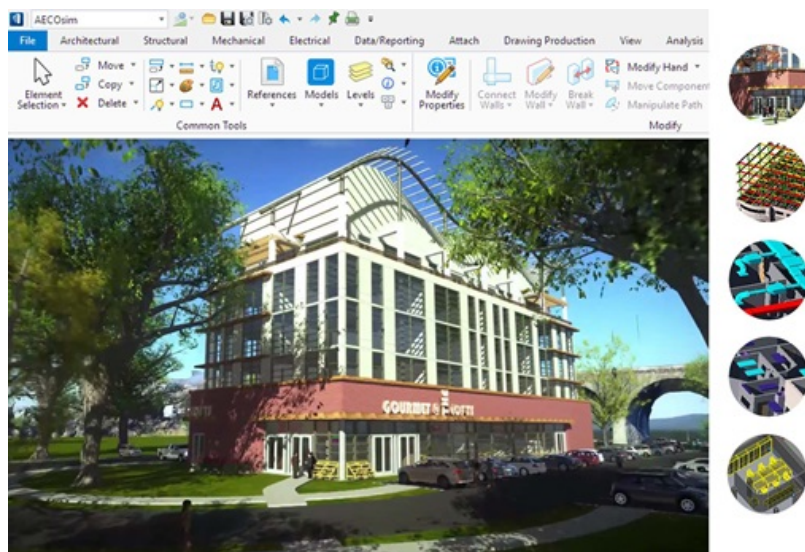


Figura 2.7: Modelo utilizando AECOsim [78]

- **Vectorworks** de Nemetschek. Es una herramienta con varios módulos que permiten diseñar la edificación desde el punto de vista de la construcción, del entretenimiento⁴ y del paisajismo [70] [79].

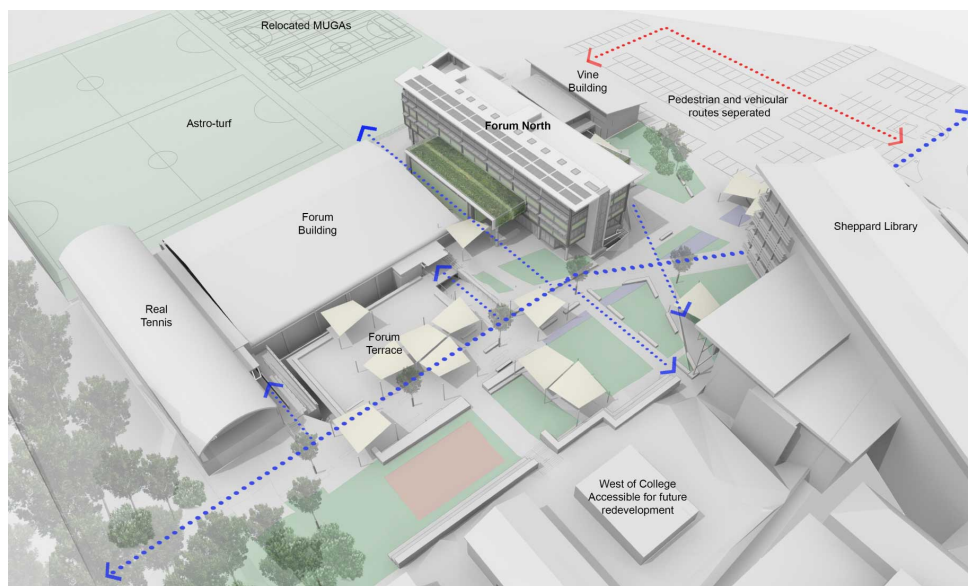


Figura 2.8: Modelo utilizando Vectorworks [80]

- **Edificius** de ACCA Software permite la visualización a tiempo real del proyecto modelado en BIM. Se puede integrar a la arquitectura el diseño de interiores, paisajismo y demás aspectos generando un modelo 3D que presenta al cliente

⁴Diseño de eventos o exhibiciones, cine, iluminación, escenarios.

o al inicio de la obra porque tiene todo lo necesario (planos, secciones, detalles, presupuestos) [81].

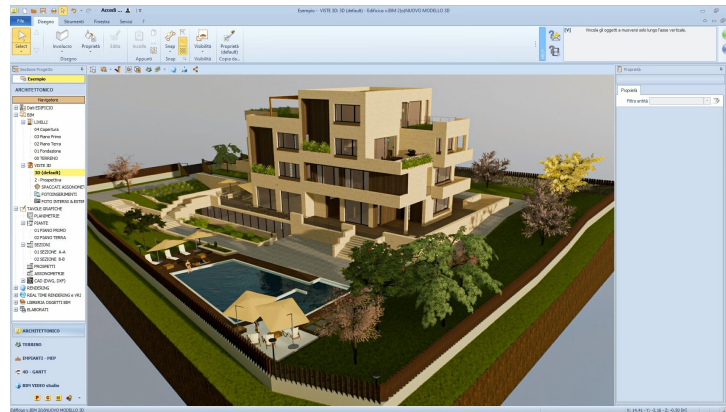


Figura 2.9: Modelo utilizando Edificius [82]

Los programas que permiten la visualización de proyectos BIM son:

- **ZOOM free** de BIMcollab es un visor de modelo gratuito (con opción de pago) que permite la carga rápida de archivos IFC además de la validación de modelos que visualiza las colisiones⁵ existentes [83].

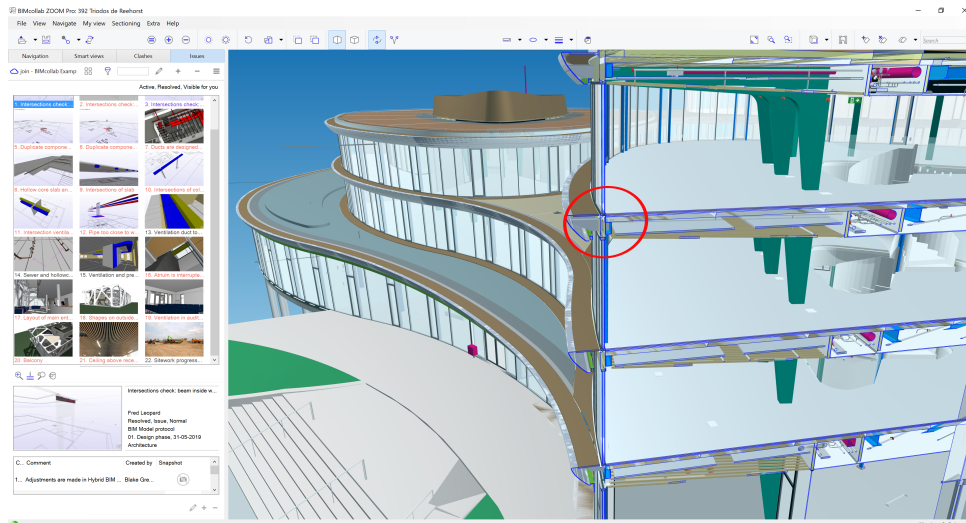


Figura 2.10: Modelo visualizado con ZOOM [84]

- **BIMx** de Graphisoft es una herramienta de diseño que permite la presentación *in situ* del propio edificio en vez de esperar a su construcción para la obtención de comentarios por parte de los clientes [86].

⁵ **Colisión:** es una interferencia entre los modelos de las diferentes especialidades, generando un conflicto en la obra [85].

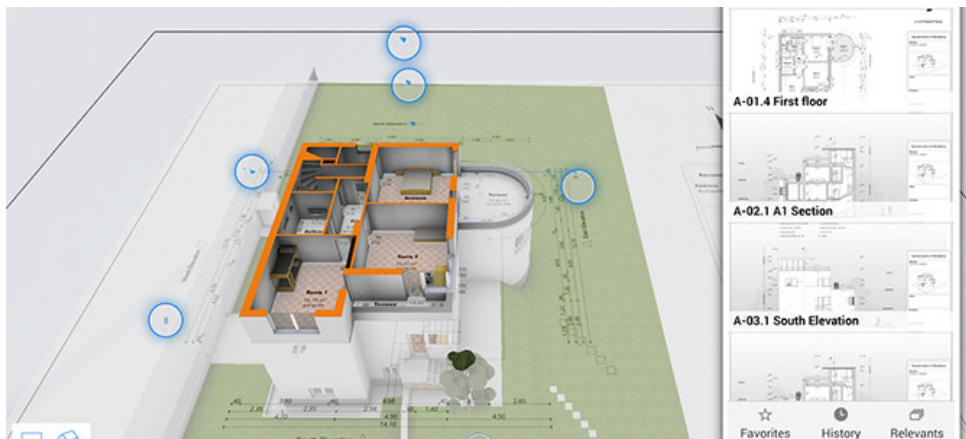


Figura 2.11: Modelo visualizado con BIMx [87]

- **Solibri Model Viewer** permite la visualización de modelos además de compartir información para ahorrar tiempo, dinero y recursos [88]. También permite el acercamiento de las ventajas a los diferentes profesionales con la posibilidad de editar los modelos con Solibri Model Checker [70].

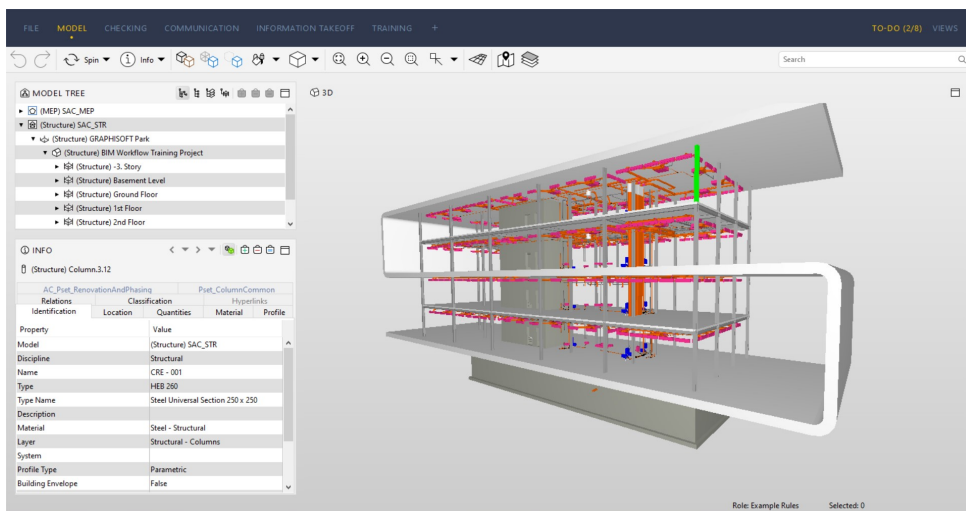


Figura 2.12: Modelo visualizado con Solibri [89]

- **A360** de Autodesk es un visor de proyectos en 2D y 3D de BIM compatible con multitud de formatos CAD [90]. Proporciona una visualización fluida y de calidad sin la necesidad de tener instalado un software [70].

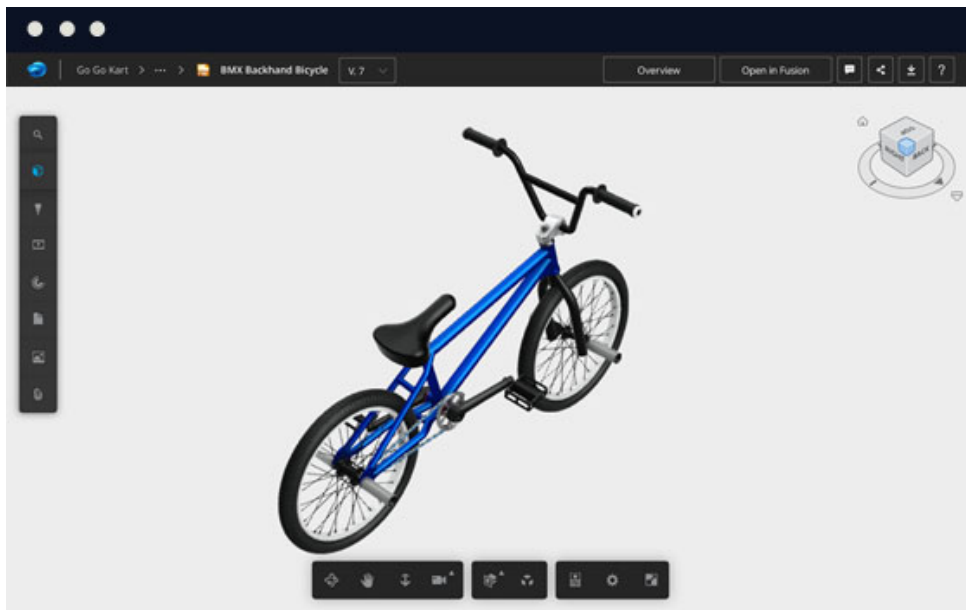


Figura 2.13: Modelo visualizado con A360 [91]

- **Dalux BIM Viewer** es una forma gratuita de visualizar los modelos BIM soportando diversos formatos como IFC, BCF y PNG entre otros [70] [92].



Figura 2.14: Modelo visualizado con Dalux [93]

- **Bimsync** se trata de una herramienta que permite la visualización de alto rendimiento de modelos BIM en 2D, 3D y 4D [94].

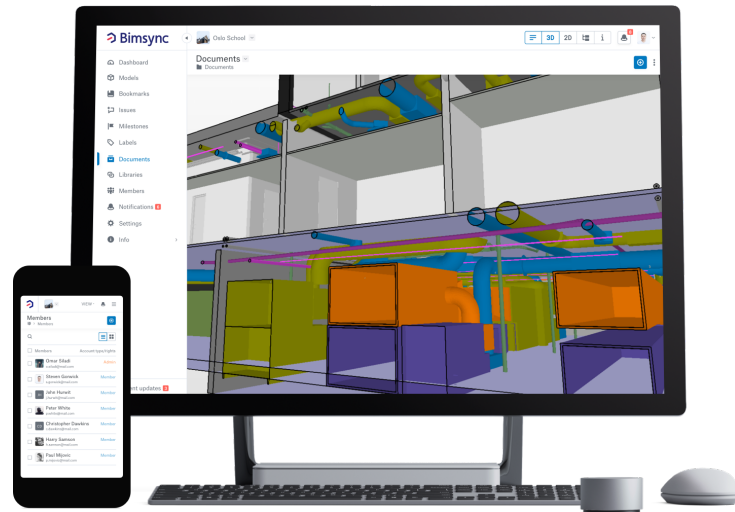


Figura 2.15: Modelo visualizado con Bimsync [94]

- **BIMVision** es un visor de modelos IFC gratuito el cual permite visualizar los modelos virtuales generados a través de sistemas de CAD con formatos IFC 2x3 y 4.0. [95].

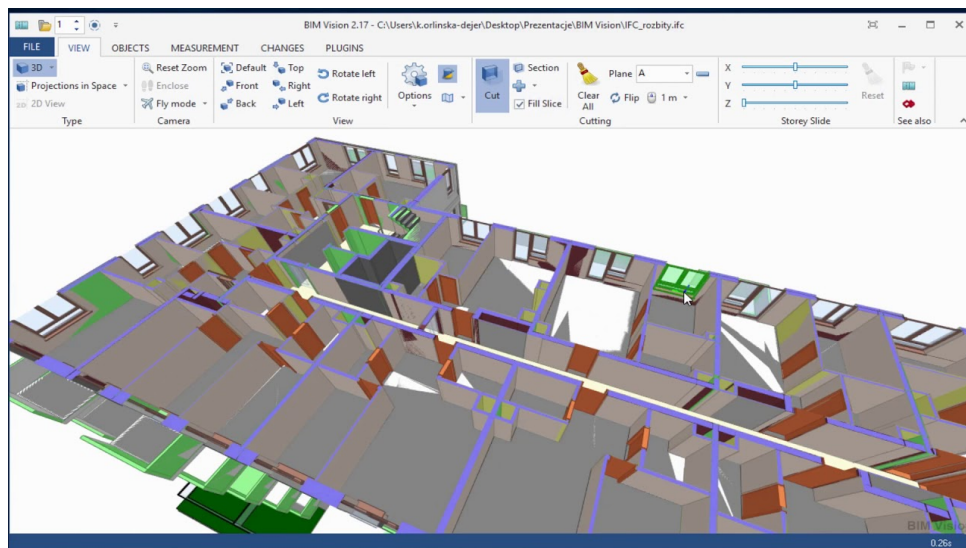


Figura 2.16: Modelo visualizado con BIMVision [96]

- **BIMkeeper** es un sistema de gestión de edificios online basado en web con visor IFC en 3D debido a que almacena la totalidad de la información en el modelo [98]. Es una herramienta muy útil para la organización en las diferentes fases del proyecto (desarrollo, mantenimiento y soporte) [70].

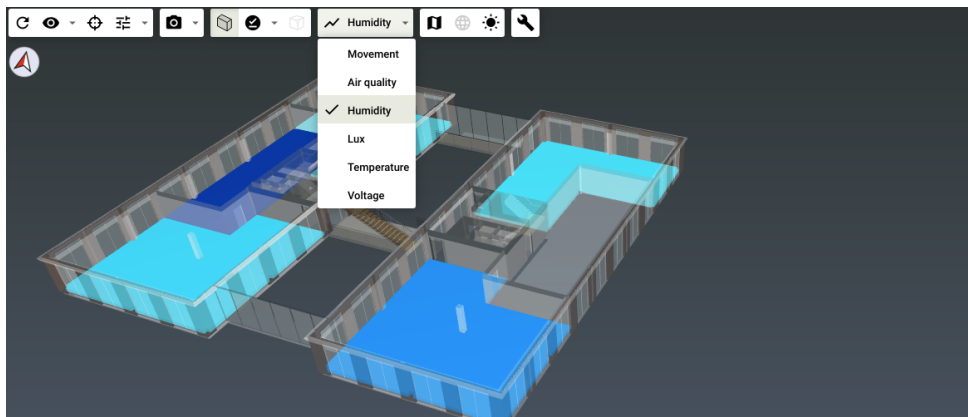


Figura 2.17: Modelo visualizado con BIMkeeper [?]

- **usBIM Viewer** de ACCA Software permite la colaboración en tiempo real además de ser un visor de modelos IFC permitiendo la exportación de archivos a formato estándar IFC [99].

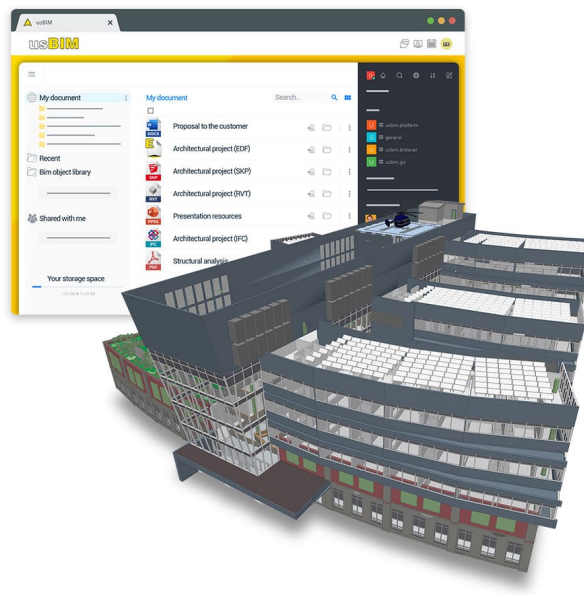


Figura 2.18: Modelo visualizado con usBIM [100]

Estas son las herramientas software con los que puede revisar la planificación temporal de la obra (BIM en 4D):

- **Naviswork** de Autodesk permite la mejora de la coordinación de BIM mediante la combinación de los datos en un único fichero. También permite identificar y resolver los conflictos e interferencias existentes [101].

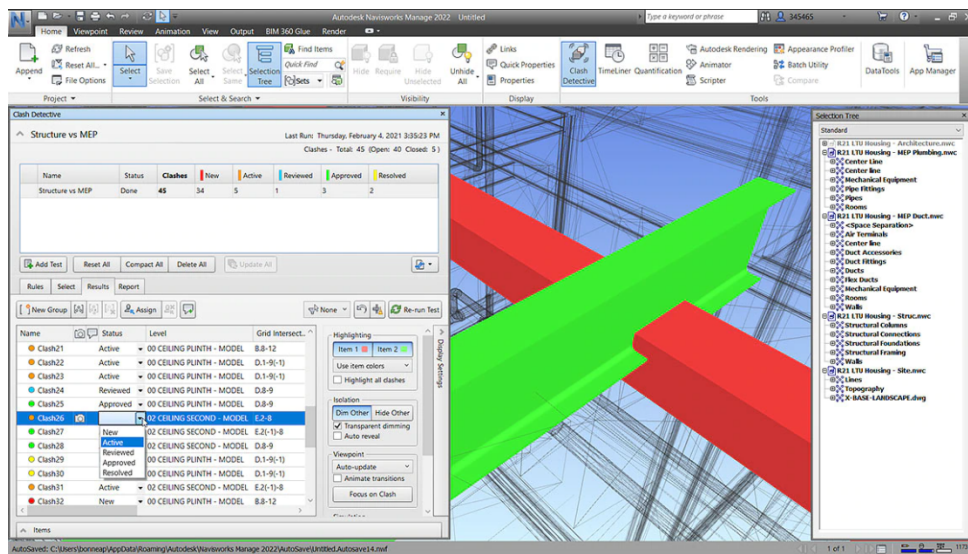


Figura 2.19: Naviswork [101]

- **SYNCHRO** permite la visualización de información de los modelos de construcción en 2D, 3D y 4D lo cual permite realizar un seguimiento del rendimiento del proyecto pudiendo optimizarse en función de las decisiones tomadas [102].

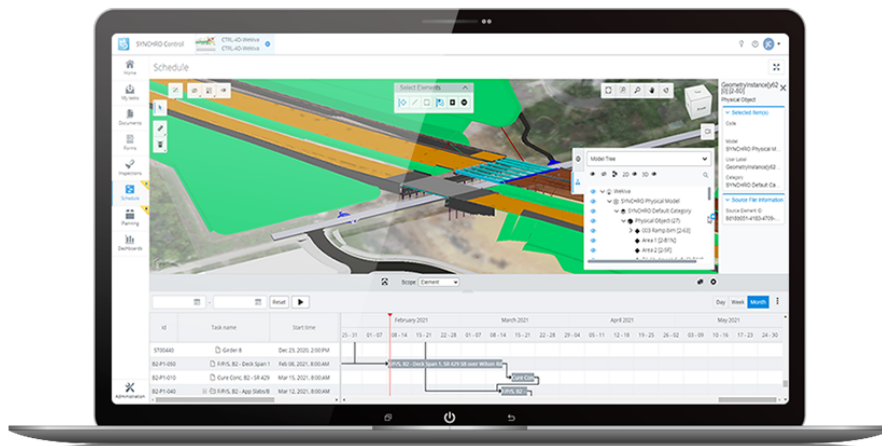


Figura 2.20: SYNCHRO [102]

- **TCQi** es un software utilizado para la construcción virtual del proceso constructivo. Incluyen diferentes módulos utilizados durante todo el ciclo de vida de la construcción [103].

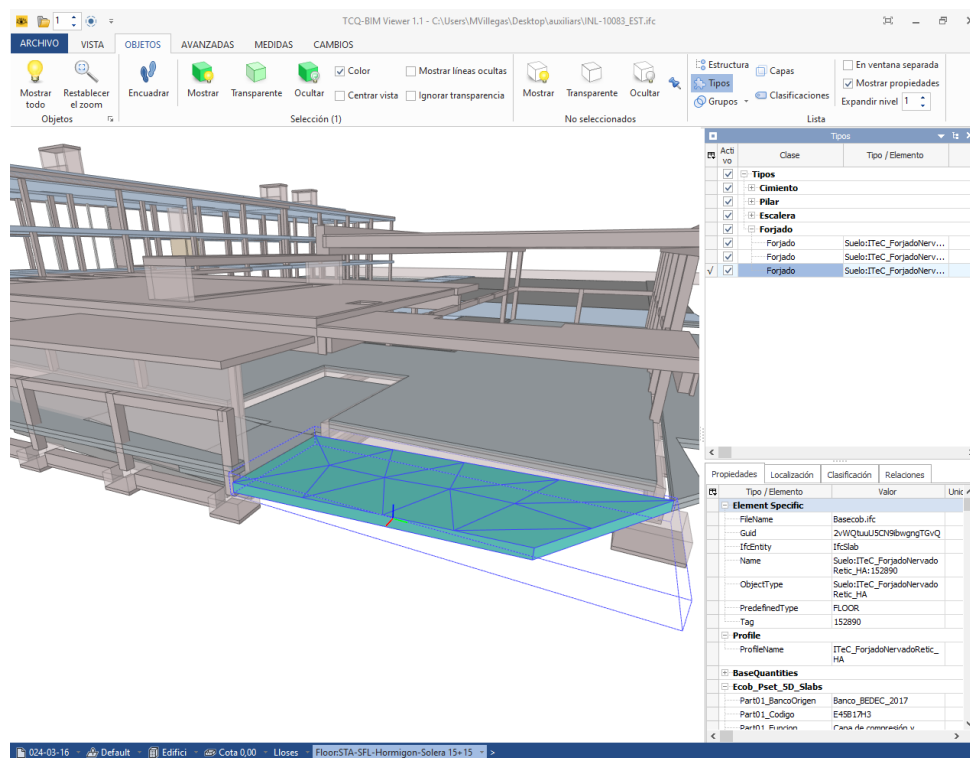


Figura 2.21: TCQi [104]

Para proyectos de BIM en 5D o proyectos en los que se tiene en cuenta los presupuestos:

- **Arquímedes** de CYPE permite trabajar con el programa Revit además proporciona la opción de realizar mediciones y presupuestos incluso los manuales de utilización y mantenimiento del mismo proyecto [105].

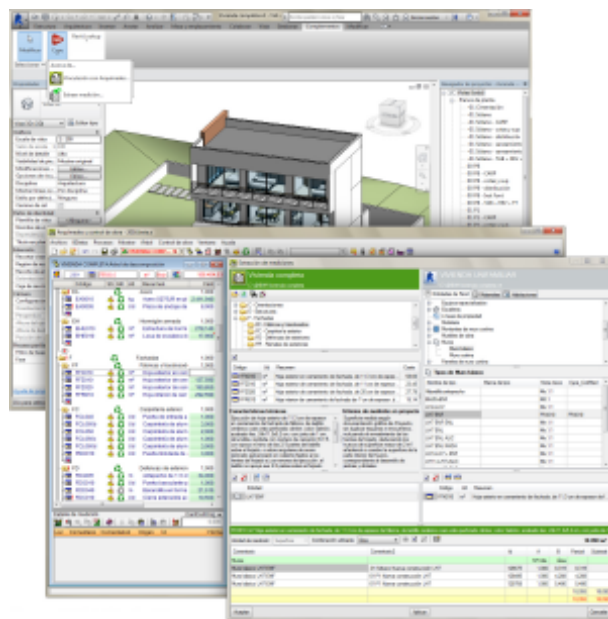


Figura 2.22: Arquimedes [105]

- **Presto - Cost It** permite la visualización del modelo de la construcción a través de sus mediciones completa, pudiendo identificar gráficamente los elementos del presupuesto y permitiendo la trazabilidad además de mostrar los parámetros relevantes para determinar el precio o la documentación [70] [106].

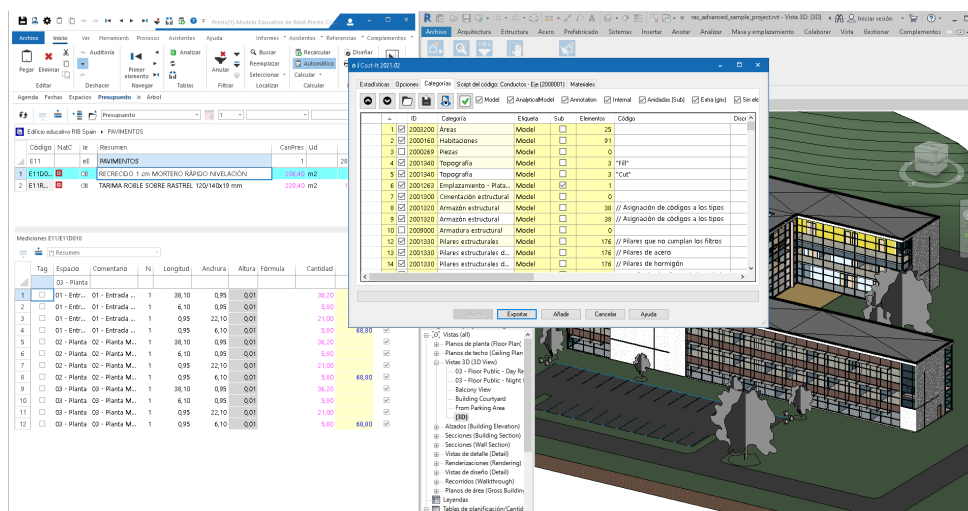


Figura 2.23: Presto - Cost It [106]

- **Gest.MidePlan** de Arktec realiza mediciones automáticas de proyectos a partir de modelos BIM almacenados en formato IFC. Permite obtener el presupuesto del proyecto con una valoración de todos los elementos teniendo en cuenta las mediciones reales [107].

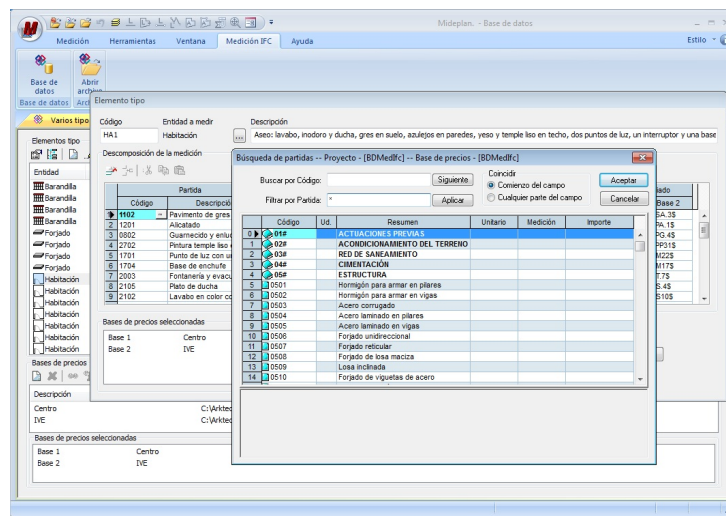


Figura 2.24: MidePlan [107]

Para proyectos de BIM en 6D o proyectos en los que se tiene en cuenta la gestión y mantenimiento de la instalación:

- **Maximo** de IBM admite su integración con proyectos BIM desde el módulo Building Information Models permitiendo la gestión y supervisión de los diferentes activos además de ofrecer mantenimiento predictivo [70] [108].

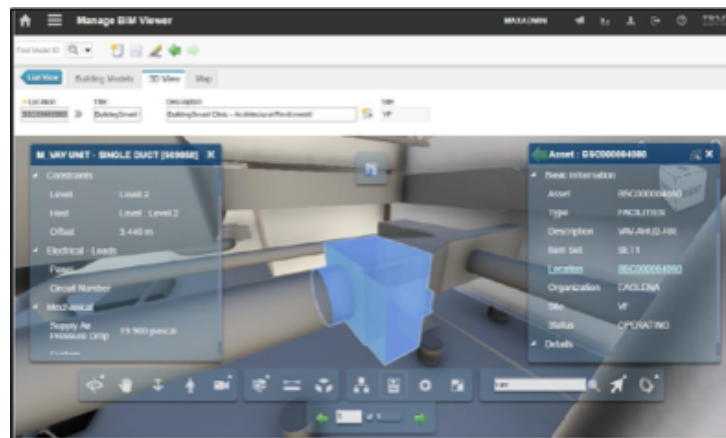


Figura 2.25: IBM Maximo [109]

- **Archibus** es un software de gestión más utilizado el cual simplifica el trabajo porque automatiza el flujo de información en todas las fases del ciclo de vida del proyecto [70] [110].

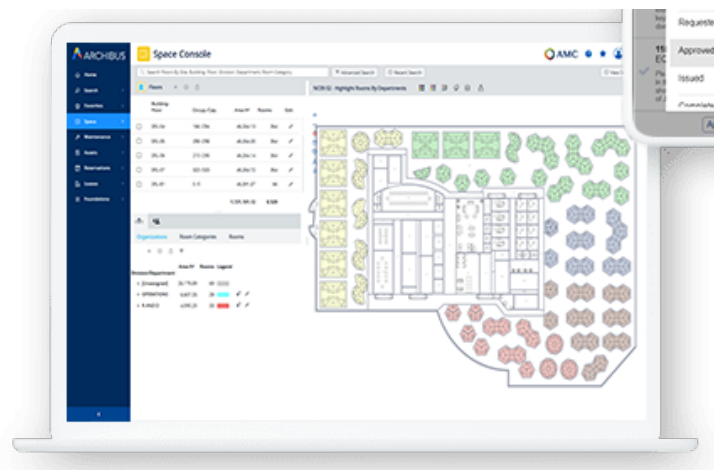


Figura 2.26: Archibus [110]

Para proyectos de BIM en 7-8D o proyectos en los que se tiene en cuenta la gestión ambiental y eficiencia energética:

- **EcoDesigner** de Graphisoft permite evaluar el rendimiento energético del edificio [70] [111].

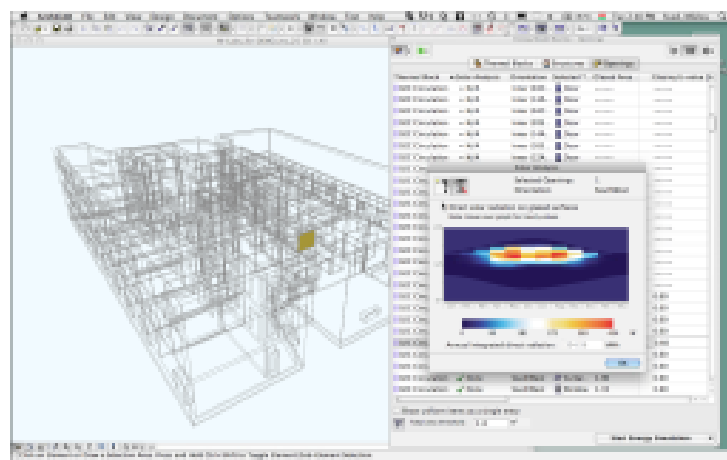


Figura 2.27: EcoDesigner [112]

- **Green Building Studio** de Autodesk permite realizar simulaciones sobre el rendimiento de la edificación permitiendo la optimización en la fase de diseño [70] [113].

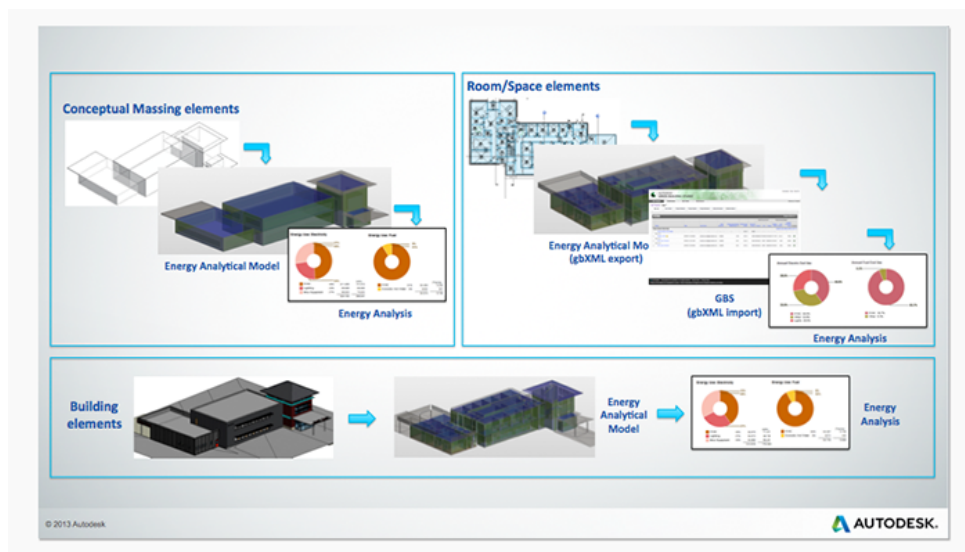


Figura 2.28: Green Building Studio [113]

- **CYPETHERM HE** permite calcular la carga térmica de las edificaciones con la integración en el flujo de trabajo BIM [70].

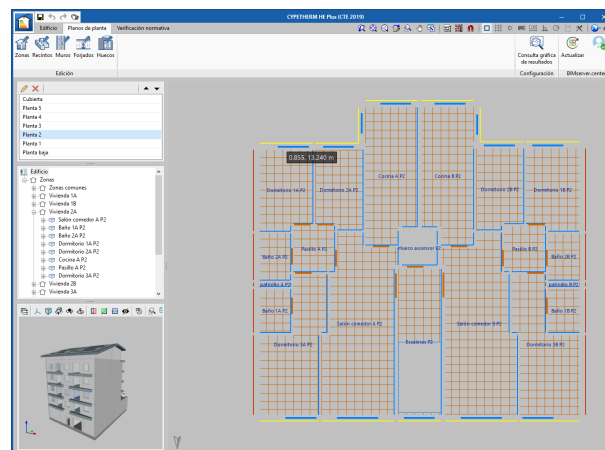


Figura 2.29: CYPETHERM HE [114]

Se enumeran más aplicaciones existentes que utilizan BIM: **CYPECAD MEP**, **DDS CAD**, **Tricalc**, **Tekla Structures**, **Riuska** [70], **Areddo**, **BIM Beaver**, **BIMData**, **Open Source Bim Server**, **BIM Surfer**, **eveBIM**, **FZKViewer**, **IFC Viewer**, **Tekla BIMsight**... [115]

Al disponer de una cantidad elevada de herramientas, se realiza un cuadro resumen indicando el nivel de madurez al que pertenece.

	Modelado BIM	Visores BIM	4D	5D	6D	7-8D
A360		X				
Aecosim	X					
Allplan	X					
Archibus					X	
ArchiCAD	X					
Arquímedes				X		
BIM Collab Zoom		X				
BIM Vision		X				
BIMkeeper		X				
BIMSYNC		X				
BIMx		X				
CYPETHERM HE						X
Dalux Bim Viewer		X				
EcoDesigner						X
Edificius	X					
Gest.MidePlan				X		
Green Building Studio						X
Maximo					X	
Naviswork			X			
Presto - Cost It				X		
REVIT	X					
Solibri Model Viewer		X				
Synchro			X			
TCQi			X			
usBIM Viewer		X				
Vectorworks	X					

Tabla 2.19: Resumen de las herramientas

Donde **4D** es Planificación de obra, **5D**: Medición y presupuesto, **6D**: Gestión y mantenimiento y **7-8D**: Gestión ambiental y eficiencia.

3: Hoja de ruta para la implantación de BIM

La metodología y tecnología BIM supone una gran innovación en el sector de la construcción y de la edificación. Los problemas al que se enfrentan las diferentes instituciones públicas y empresas son: el previo desconocimiento de esta herramienta o no saben cómo implantarla en sus negocios posiblemente por la concepción de herramienta software de BIM.

En esta parte del documento se procede a la descripción de los pasos que se deberían tener en cuenta cuando se realiza un plan de programación o *roadmap*. En primer lugar se extraen las ideas extraídas más relevantes de la lectura de la literatura existente al respecto y en segundo lugar se explica en que consiste dicho paso y se muestra su aplicación con un ejemplo concreto que es el ayuntamiento de Valladolid.

3.1. Pasos genéricos

Dependiendo de diferentes factores, la implantación de BIM puede requerir más o menos esfuerzo en una empresa. Estos factores pueden ser la trayectoria de la empresa, su antigüedad y el sector al que se dedica, entre otros.

El plan de implantación de la metodología BIM en una organización consta de 4 fases principales y sus respectivas etapas [116] [117].

1. Análisis de la organización:

- Presentación y antecedentes.
- Composición del equipo humano.
- Infraestructura de la organización.
- Procesos actuales y estado de implantación.
- Información complementaria.

2. Diagnóstico y propuesta de plan de implantación BIM:

- Diagnóstico.
- Propuesta de Plan de Implantación BIM.
 - a) Modelo de Implantación.
 - b) Fases de la Implantación.
- Propuesta de software y arquitectura IT integrando tecnología BIM.

3. Construcción de perfiles BIM y plan de formación:

- Perfiles BIM.
- Plan de formación.

4. Retorno de inversión (ROI):

- Cálculo de la inversión por etapas.
- Cálculo de costes de mantenimiento de la implantación.
- Cálculo de beneficio previsto.

3.2. Explicación de los diferentes pasos con un ejemplo

Se procede a explicar en qué consiste cada fase y etapa enumerada anteriormente adjuntando un ejemplo. Este ejemplo consiste en reflejar los datos que el Ayuntamiento de Valladolid obtendría al seguir los pasos del plan de implantación de BIM.

Análisis de la organización [116]

Como se puede extraer del nombre de esta primera fase **Análisis de la organización**, se trata de realizar una auditoría antes de empezar a implantar la tecnología BIM.

Con la realización de esta auditoría se pretende obtener acerca de la organización/empresa como son sus características, la estructura en la que se organizan los trabajadores, si estos tienen algún conocimiento de BIM, la infraestructura de las tecnologías de la información (IT) que posee, qué procesos de trabajo se realizan y qué información generada es necesaria.

Una vez obtenidos estos datos se procede a procesarlos y estudiarlos proporcionando un mayor conocimiento acerca de la empresa en este momento de forma que permita el diseño e implantación de BIM adecuado a las necesidades demandadas por la empresa además de determinar que nivel de madurez de BIM se ajusta más teniendo en cuenta que papel desempeña en el proyecto de una construcción.

Presentación y antecedentes [117]

Se hace una introducción a cerca de la empresa/organismo indicado sus datos generales, si tiene datos históricos se añaden, cuál es la estructura organizativa de la empresa, en qué sector actúa, qué servicios ofrece a los clientes, qué procedimientos internos existen, cómo reacciona frente a los cambios e la innovación y qué nivel de conocimientos tiene acerca de BIM.

Composición del equipo humano [117]

Una vez realizada la introducción acerca de la entidad/empresa/organismo se procede a la identificación de todos los trabajadores recogiendo su puesto en la empresa, su formación y la experiencia además si poseen conocimientos acerca de BIM. Cuando se tiene la lista de los trabajadores (equipo humano) se seleccionan aquellas personas que van a formar parte del equipo BIM. Estas persona tienen que ser proactivas frente al cambio y con autoridad para modificar los procesos que se realizan dentro de la empresa.

Infraestructura de la organización [117]

Se describe la localización de la empresa/organismo/entidad y los espacios de trabajo existentes. Después de haber descrito los espacios de la organización se realiza un inventario de todos los recursos software que dispone y se detalla la infraestructura IT que existe desde los servidores, bases de datos, sistemas de seguridad.

Procesos actuales y estado de implantación [117]

Investigar qué procesos se generan en la organización separándolos por si se han consolidado, si tienen baja implementación o si no están documentados. Analizar cómo se comunican estos procesos entre sí y qué documentación intercambian identificando los entregables.

Información complementaria [117]

Otras informaciones que permiten ampliar los conocimientos acerca de la empresa como realizar la enumeración de los servicios y proyectos realizados en los años más recientes, un listado de sus clientes separados por categorías y todos los contactos que forman su red profesional (proveedores...).

Ejemplo: Ayuntamiento de Valladolid

El ayuntamiento de Valladolid está situado en la Plaza Mayor de Valladolid. Es una administración pública territorial que tiene como misión la gestión del municipio, entre las que está la conservación de las infraestructuras varias del territorio y la construcción y mantenimiento de edificios para la prestación de sus funciones. También ofrece a la ciudadanía varios servicios [118] como son información general sobre temas de administración municipal, el servicio de información telefónica al 010, registro y recepción de

documentación, matrimonio civil, obtención de certificados y documentos, además se pueden presentar sugerencias y reclamaciones.

La infraestructura de la organización se encuentra situada en la Plaza Mayor. Por temas de seguridad la infraestructura de la red no se encuentra disponible ya que si estuvieran accesibles las personas con conocimientos en la informática lo podrían usar para fines no lícitos.

De todos los procesos que lleva el ayuntamiento se acota a los relacionados con los concursos y asignación de proyectos de construcción a las diferentes empresas que lo solicitan.

Diagnóstico y propuesta de plan de implantación BIM [116]

La mayor parte de las ocasiones cuando se quiere implantar un plan en la empresa es necesario tener el apoyo de la dirección de la misma y que esté implicado en todo el proceso. Analizada la organización se determinará la utilización de BIM determinando los modelos a utilizar (documentación, estimación de costes...) y la información y los datos que se almacenaran en dicho modelo.

Diagnóstico [117]

Obtenidos los datos de la empresa se realiza un diagnóstico. Este diagnóstico consiste en la obtención de conclusiones sobre los distintos datos obtenidos mediante la realización de la auditoría: análisis de la organización, trabajadores, infraestructura y procesos.

Propuesta de Plan de Implantación BIM [117]

Extraídas las conclusiones obtenidas en el diagnóstico se procede a realizar la propuesta de plan de implantación BIM. Mientras se realiza el diseño del plan no se debe parar la actividad diaria de la organización teniendo en cuenta que algunas fase se pueden solapar. Al ser el primer proyecto que se implante se tendrá en cuenta a la hora de consolidar el proceso de forma definitiva.

Existen tres modelos distintos para la implantación que son:

- Modelo 1: Hay que renovar completamente la plantilla de la organización por profesionales de la metodología BIM.
- Modelo 2: Introducir un equipo especializado en BIM que ayude y de soporte a la organización mientras se realiza la implantación.
- Modelo 3: Transformar al equipo actual en un equipo BIM mediante la formación del mismo con las competencias requeridas para poder aplicar BIM.

Elegido el modelo de actuación se procede a especificar las distintas fases de la implantación. En el caso de haber seleccionado el modelo 2 y 3 se procede con la fase 1. La fase 1 consiste en formar al equipo y la construcción de los perfiles BIM.

En la fase 2 se abordan los procesos que se ven afectados por la implementación de la metodología BIM modificándolos para que se ajusten a la misma. En la fase 3 se selecciona y se desarrolla el proyecto piloto que introducirá a la organización al entorno de trabajo de BIM (Building Information Modeling).

Propuesta de software y arquitectura IT integrando tecnología BIM [117]

El trabajo con BIM no necesita la utilización de dispositivos informáticos nuevos porque no se necesitan equipos con determinados requisitos. Se necesita comprar licencias del software BIM e ir actualizando los distintos programas.

Los equipos informáticos, la infraestructura red y los servidores se adaptarán en función del plan de implantación. También se considerará el mantenimiento de los mismos.

Ejemplo: Ayuntamiento de Valladolid (II)

No se pueden sacar conclusiones definitivas porque no se dispone de toda la información. Respecto al modelo de implantación que se pueden aplicar es el modelo 2 y el modelo 3. El modelo 1 que consistía en despedir a los trabajadores y contratar a gente con conocimientos en BIM no se puede realizar porque la gente que está trabajando lo ha conseguido gracias a las oposiciones o los concursos.

Elegido uno de los dos modelos se procede a definir las fases de la implantación. La fase 2 se centra en los procesos afectados por la metodología BIM. Los procesos afectados son todos aquellos que van relacionados con la construcción, gestión y mantenimiento de las distintas edificaciones. El proyecto piloto (fase 3) consistiría en poner como requisito a las propuestas presentadas por las distintas empresas la utilización de BIM. Antes de asignar el proyecto a una empresa, se comprobará con el fichero del modelo BIM si ese proyecto cumple todos los requisitos, normativas, si los tiempos y el coste están bien estimados y el gasto que conlleva su posterior mantenimiento.

Respecto a las adquisiciones hardware y software, son necesarias añadir un servidor en el cual las distintas empresas subirán sus respectivos ficheros y la compra de las distintas licencias del software elegido para el manejo de BIM.

Construcción de perfiles BIM y plan de formación [116]

A partir del nivel de conocimientos acerca de BIM extraídos de los datos recogidos mediante la auditoría, los trabajadores pueden ampliar sus conocimientos logrando una mejor implantación y desarrollo de la metodología. En función del grado de conocimientos que tenga un trabajador y su perfil necesitará realizar un plan de formación para adquirir dichas competencias. Esta formación se divide en información general y otra más específica en función del puesto asignado.

Perfiles BIM [117]

Al igual que no existe consenso en los niveles de madurez de BIM en el caso de los perfiles y roles paso lo mismo.

Los roles y perfiles asignan responsables y funciones definidos por un subgrupo de la Comisión BIM. Los roles no son cargos en una organización sino en el equipo de trabajo pudiendo existir que varias personas con el mismo rol [120].

Los roles intervinientes en la gestión son [120]:

- **Cliente/Promotor:** Persona/organización/empresa que pone en marcha un proyecto aportando financiación. Utilizando la metodología y tecnología BIM es ese proyecto.
- **BIM Project Manager:** Es nombrado por el cliente, siendo el responsable de alcanzar los objetivos del proyecto cumpliendo las expectativas del propio cliente.
- **BIM Information Manager:** Es el responsable de gestionar y controlar el flujo de información entre todos los integrantes del proyecto independientemente de la fase. Gestionando el *Common Data Environment* (entorno común de datos).
- **BIM Manager:** Lidera la utilización de la metodología BIM en un proyecto, valorando la calidad. También se encarga de definir el BIM Execution Plan (plan de ejecución de BIM), facilitar el trabajo colaborativo y garantizar la interoperabilidad entre las distintas herramientas.
- **BIM Lead Designer:** Se encarga de dirigir el diseño, desarrollar y aprobar la información y los resultados, añadiéndolo a la documentación.
- **BIM Lead Construction:** Se encarga de dirigir la ejecución del proyecto aprobando la documentación.
- **Task Team Manager:** Se encarga de la construcción de la producción del diseño del modelo a partir de las otras disciplinas.
- **Coordinador BIM:** Coordina el trabajo para cumplir los requisitos del BIM Manager.
- **Modelador BIM:** Es el responsable del modelado siguiendo las normas del plan de ejecución de BIM.

Los perfiles derivados de otras actividades de la metodología BIM:

- **Analista BIM:** Realiza las simulaciones y análisis de los diferentes modelos BIM.
- **Programador de aplicaciones BIM:** Desarrolla y personaliza el software BIM.
- **Especialista IFC:** Profesional que contribuye en el desarrollo del formato IFC adecuado la estructura de los datos a este formato.

- **Facilitador BIM:** Ayuda a otros roles con la visualización de los modelos y la extracción de la información.
- **Consultor BIM:** Ofrece asesoramiento a las organizaciones para la implantación de BIM.
- **Investigador BIM:** Experto que coordina y desarrolla la investigación sobre BIM.

Plan de formación [117]

Se detalla la formación que se va a dar a los diferentes trabajadores y se procede a la asignación del equipo de desarrollo del proyecto inicial también denominado proyecto piloto. La formación sobre BIM se divide en dos tipos: la general y la específica. La formación general es la que otorga a los trabajadores una visión general acerca de BIM para eso se les explica la importancia de adoptar esta tecnología y metodología, qué beneficios aporta a la empresa su adopción, qué expectativas se esperar, la situación legal y del mercado de BIM, cuáles son las herramientas existentes en el mercado, sus utilidades y a qué procesos BIM se pueden aplicar. En cuanto a la formación específica se planificará por semanas indicando que contenidos se van a impartir, con qué metodología (online, presencial...), los perfiles a los que va dirigido, los hitos a tratar. Se utilizará una métrica para cuantificar el rendimiento/aprovechamiento de esta formación por parte de los trabajadores.

Ejemplo: Ayuntamiento de Valladolid (III)

De todos los perfiles BIM existentes el más importante es el del BIM Manager por lo que un empleado se encargará de liderar al equipo. Como los trabajadores del ayuntamiento no están muy familiarizados con la metodología BIM se empezará a darles formación básica acerca de la misma para que empiecen a entender el funcionamiento de la metodología e ir aplicándola poco a poco. A los integrantes del equipo BIM del ayuntamiento poco a poco irán recibiendo información acorde al perfil asignado.

Retorno de la inversión [116]

Es un punto muy importante e interesante en la decisión de implantar BIM en la empresa. Se estima la inversión necesaria (formación a los trabajadores, tecnología, mantenimiento de la tecnología) y el beneficio que generará. Se tienen en cuenta los siguientes factores:

1. Calcular la inversión por etapas [117]

Se estima la cantidad económica necesaria para la adaptación de los procesos, la adquisición de herramientas hardware y software, la formación a sus trabajadores y otras inversiones como una consultoría de implantación.

2. Calcular los costes de mantenimiento [117]

Se estima económicamente el gasto del mantenimiento del equipo IT (hardware y software) y la infraestructura implementada en la organización de los trabajadores/recursos humanos.

3. Calcular el beneficio previsto [117]

Se estima cuántos euros se van a ahorrar añadiendo las mejoras en plazos de proyecto, coste del persona, eficiencia de la empresa, ingresos mientras se realiza la implantación de la metodología, costes que se evitan y no se pueden cuantificar debido a su intangibilidad (mejora en la comunicación y coordinación de los participantes del proyecto).

Ejemplo: Ayuntamiento de Valladolid (IV)

Los costes generados en la implantación de la metodología están relacionados con la adquisición y mantenimiento del servidor en el que se van a almacenar los ficheros BIM de las distintas propuestas de las diferentes empresas para un proyecto. También se tiene que sumar el coste relacionado con el mantenimiento del software BIM escogido y de sus licencias.

Los beneficios que se obtendrían sería el resultado de asignar el proyecto a la empresa cuyo plan de proyecto cumpla diferentes requisitos como puede ser el que menor tiempo de finalización tenga, cuyo mantenimiento no cueste bastante u otras características. Un ejemplo podría ser el siguiente: para la construcción de un edificio el ayuntamiento recibe tres propuestas. La primera propuesta tiene un precio de construcción bajo comparado con el resto de propuestas pero el mantenimiento de la misma supone una inversión bastante grande. En la segunda propuesta el coste de construcción es más elevada que la primera pero el mantenimiento posterior es muchísimo menor y la generación de emisiones es nula porque se diseñó teniendo en cuenta en medio ambiente. Y la tercera propuesta tiene un coste de construcción medio y su mantenimiento tiene unos valores medios. Viendo el coste total, teniendo en cuenta todo el ciclo de vida de la construcción, la elección de la propuesta estaría entre la segunda y la tercera propuesta. Pero viendo los beneficios medioambientales de la segunda propuesta, se podría seleccionar esta propuesta aunque el coste del mantenimiento fuese un poco mayor que la otra propuesta.

4: Conclusiones

El desarrollo de este proyecto ha servido para adquirir conocimientos nuevos que me han ayudado a crecer profesionalmente y una experiencia enriquecedora. Al iniciar el mismo desconocía completamente que era BIM.

La metodología y tecnología BIM es la mayor innovación que se ha realizado en el sector industrial de la construcción. Permite la subsanación de los enormes costes de gestión y mantenimiento que tiene un proyecto. Además posibilita tener un mayor control y supervisión del mismo gracias a la mayor anticipación frente a errores. Esto es debido a que todos los implicados en cualquier fase del proyecto participan de forma activa posibilitando la detección de los errores antes de construir esa construcción.

El modelo de datos en el que se almacenan los mismos tiene una mayor dificultad de lo que se pensaba inicialmente. Tiene bastante profundidad hasta llegar a un elemento concreto de la edificación haciendo inabarcable la descripción del mismo. Para hacernos una idea, en el documento se ha profundizado hasta el nivel “nietos” de la clase IfcRoot. Si se quisiera llegar hasta la clase que representa una ventana habría que profundizar desde el “tatara-tatara nieto” del “nieto” de la clase más abstracta IfcRoot.

Debido a la profundidad del modelo de datos y todas las clases existentes ha sido inviable la realización de un software programa que dijese si ese archivo ifc cumplía X normativa (ejemplo: 1 ventana cada 2 metros). También el hecho que para utilizar una clase no era necesario haber declarado las sucesivas clases “padres” sin seguir una estructura jerárquica como se pensaba antes de la realización del proyecto.

Otra dificultad encontrada fue la búsqueda de la realización de una parte práctica desde el punto de vista informático. Desde otros ámbitos como puede ser el grado de arquitectura e ingeniería civil la parte práctica sería más sencilla porque se podría haber realizado una representación virtual de una construcción o un análisis comparativo en la realización de una construcción utilizando la metodología BIM y la metodología tradicional. Desde el punto de vista informático se podría haber profundizado más en el modelo de datos pero al final el lector se hubiese perdido con la cantidad de clases que hay y las definiciones bastante abstractas de los diferentes atributos de las clases.

BIM es una tecnología y una metodología que tiene mucho potencial y que poco a poco está ganando popularidad debido a las ventajas que proporciona su utilización permitiendo el ahorro de dinero en la construcción de edificios públicos.

Apéndices

Apéndice A

Planificación

En este capítulo se describe los distintos aspectos de la planificación del trabajo, considerados relevantes, que han sido utilizados a lo largo de la realización del proyecto, teniendo en cuenta, las fases implementadas, las actividades desarrolladas, así como la cuantificación económica del desarrollo.

A.1. Plan de fases

Al ser un proyecto de investigación las fases se centraron en buscar información acerca de la herramienta y metodología BIM. De tal forma que se van adquiriendo los conocimientos básicos. Dicha búsqueda se dividió en las siguientes tareas:

- * **Búsqueda general de información:** Se empieza a buscar información acerca de BIM para tener un enfoque general y después se buscó información más específica.
- * **Búsqueda de formatos:** Se investiga acerca de los formatos utilizados para almacenar los modelos y los datos en BIM.
- * **Búsqueda e investigación del modelo de datos:** Se busca información acerca del modelo de datos utilizados para el almacenamiento del modelo en un fichero.
- * **Búsqueda de herramientas BIM:** Se investiga qué herramientas software existen que se utilicen en BIM.

La segunda fase del proyecto consistió en seguir buscando información y aplicarla en un ejemplo práctico.

- * **Búsqueda de los pasos para implantar BIM:** Investigar si existe algunas indicaciones que expliquen cómo es el procedimiento a seguir en caso de que una organización desee implantar BIM a sus procesos de trabajo.

- * **Ejemplo de seguimiento del plan de implantación:** Consiste en aplicar los pasos del procedimiento encontrado en la etapa anterior a un ejemplo concreto de organización.

A.2. Planificación de las actividades

Identificadas todas las tareas a realizar en el proyecto, se hace una estimación del tiempo que va a llevar su realización. Todas las duraciones de las distintas fases, medidas en semanas, están recogidas en la siguiente tabla:

Fase	Duración
Fase 1	6 semanas
Búsqueda general de información	2 semanas
Búsqueda de formatos	1 semana
Búsqueda e investigación del modelo de datos	2 semanas
Búsqueda de herramientas BIM	1 semanas
Fase 2	2 semanas
Búsqueda de los pasos para implantar BIM	1 semana
Ejemplo de seguimiento del plan de implantación	1 semana

Tabla A.1: Duración de las fases del proyecto

Conocidas las diferentes duraciones de las tareas, se planifican a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta el orden de estas y la dependencia o no con otras tareas.

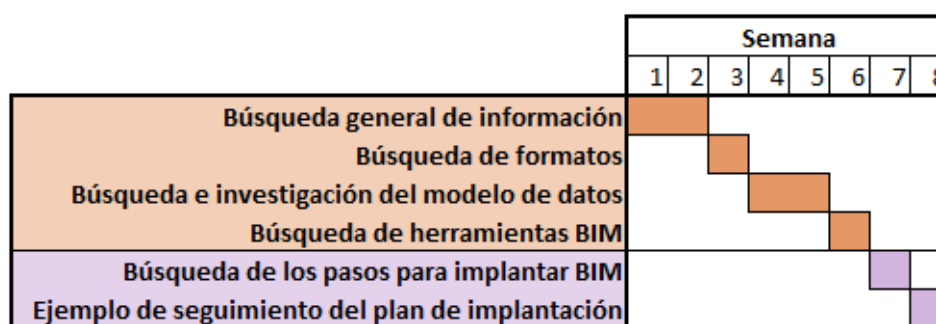


Figura A.1: Cronograma

Viendo la distribución de las tareas a lo largo de las semanas, se concluye que en el transcurso de 8 semanas se habrá realizado de manera óptima todas las fases que componen este proyecto.

A.3. Recursos

Todos los proyectos necesitan recursos para su desarrollo y elaboración, aunque estos varían en función del tipo de proyecto que sea. En el transcurso de este proyecto los principales recursos que se van a utilizar se encuentran recogidos en la tabla situada a continuación:

Recurso	Tipo
Ordenador	Hardware
Latex	Software
Bloc de notas	Software
BIMvision	Software

Tabla A.2: Recursos

Se procede a la explicación de cada recurso indicando sus características, el contexto en que se necesitan, indicando si existe alguna posible alternativa en caso de que se produzca algún fallo o error de gran relevancia para la elaboración del proyecto.

El **ordenador** portátil se utiliza para la búsqueda de información, ejecución del programa además de la redacción del presente documento. Las características son ASUS con Intel(R) Core(TM) i7-5500U CPU @ 2.40GHz, 4.00 GB de memoria, 222 GB de disco y sistema operativo Windows 10.

Con el programa **Latex** se escribe la presente documentación. En el caso de que éste no hubiera funcionado, se hubiera utilizado cualquier otro programa capaz de procesar textos como puede ser Microsoft Word, LibreOffice Writer u otro similar.

El **Bloc de notas** sirve para visualizar los ficheros con formato industry foundation clases (ifc). En caso de fallar, se hubiera utilizado BIM.

El programa **BIMvision** se ha utilizado para la visualización de los modelos almacenados en un fichero. La versión utilizada ha sido 2.24. En caso de fallo se hubiera instalado otra versión diferente o un software similar como es Bimsync.

A.4. Coste

Partiendo de los recursos que se van a requerir a lo largo del proyecto, se estima el coste que supone la adquisición de los mismos:

- La adquisición del portatil no genera coste porque ya se dispone de uno.
- El software de Latex al poseer licencia pública tiene un coste de 0 €.

- El software Bloc de notas tiene coste de 0 € porque viene integrado en el sistema operativo windows.
- El software BIMvision se puede descargar su versión gratuita en su página web oficial [121].

Se puede concluir que para la obtención de los recursos no hay que invertir capital.

Ahora se calcula el precio que hay que pagar a los trabajadores en este proyecto que será sólo una única persona. Para saber el precio por hora se consulta el Convenio de Consultoría ("BOE número 57, de 6 de marzo de 2018"). El salario que se debería pagar al trabajador oscilaría entre los 9 y 10 euros la hora. El número de horas que dura el desarrollo de este proyecto son aproximadamente 150 horas (6 créditos ECTS), según lo indicado en la guía docente del trabajo final de máster de la Universidad de Valladolid.

Conocidos todos los datos se calcula el coste del recurso humano en el proyecto:

$$150 \text{ horas} * 9,5 \text{ €}_{\text{hora}} (\text{promedio del salario}) = 1425 \text{ €}$$

Obtenidos todos los costes parciales se calcula el total:

$$\text{Recursos} + \text{Salario} = 0 + 1425 = 1425e$$

El coste del proyecto son 1425 €.

Bibliografía

- [1] Arquitectura y diseño, “8 fracasos de la arquitectura moderna”. [Online]. Disponible: https://www.arquitecturaydiseno.es/arquitectura/8-fracasos-arquitectura-moderna_2648/6 [Último acceso julio. 11, 2021].
- [2] El Economista, “La construcción, un sector manchado por múltiples casos de corrupción”. [Online]. Disponible: https://www.arquitecturaydiseno.es/arquitectura/8-fracasos-arquitectura-moderna_2648/6 [Último acceso julio. 11, 2021].
- [3] Guillermo Aleixandre, “Economía de la innovación en el sector TIC: Tema 1: La innovación tecnológica: su definición y su medida”, 2021.
- [4] Real Academia Española, “Tecnología”. [Online]. Disponible: <https://dle.rae.es/tecnolog%C3%ADa> [Último acceso junio. 10, 2021].
- [5] Real Academia Española, “Ciencia”. [Online]. Disponible: <https://dle.rae.es/ciencia> [Último acceso junio. 10, 2021].
- [6] CNAE COnstrucción, ““CNAE Construcción” - Todas las Categorías del CNAE de Construcción”. [Online]. Disponible: <http://www.cnae.eu/CNAE/CNAEConstruccion.html> [Último acceso junio. 10, 2021].
- [7] Instituto Nacional de Estadística, “Gasto en actividades innovadoras por rama de actividad y por tipo de gasto”. [Online]. Disponible: <https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?tpx=46179&L=0> <https://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?tpx=46179> [Último acceso junio. 10, 2021].
- [8] Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana, Documentos es.BIM, “BIM en 8 puntos”. [Online]. Disponible: https://cbim.mitma.es/recursos_cbim/bb_gt2_personas_sg_2.1_difusion.pdf [Último acceso junio. 10, 2021].
- [9] Eubim Taskgroup, “Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo”. [Online]. Disponible: <https://cbim.mitma.es/>

- [recursos_cbim/bb_grow-2017-01356-00-00-es-tra-00.pdf](#) [Último acceso junio. 10, 2021].
- [10] Wikipedia, “Building information modeling”. [Online]. Disponible: https://en.wikipedia.org/wiki/Building_information_modeling [Último acceso junio. 16, 2021].
- [11] La Educación en la era Digital, “Qué es BIM”. [Online]. Disponible: <https://ayto-torrijos.com/herramientas/que-es-bim/> [Último acceso junio. 16, 2021].
- [12] BIMForumChile, “¿Qué es BIM?”. [Online]. Disponible: <https://www.bimforum.cl/2015/04/28/noticias-2/> [Último acceso junio. 16, 2021].
- [13] Wikipedia, “Modelado de información de construcción”. [Online]. Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Modelado_de_informaci%C3%B3n_de_construcci%C3%B3n [Último acceso junio. 16, 2021].
- [14] es.BIM, “BIM en 8 puntos”. [Online]. Disponible: https://cbim.mitma.es/recursos_cbim/bb_gt2_personas_sg_2.1_difusion.pdf [Último acceso junio. 16, 2021].
- [15] EcoArquitect, “Eco Tendencias en el Ciclo de Vida de las construcciones”. [Online]. Disponible: <https://ecoarquitect.com/eco-tendencias-construccion/> [Último acceso junio. 16, 2021].
- [16] buildingSMART. [Online]. Disponible: <https://www.buildingsmart.org/> [Último acceso junio. 16, 2021].
- [17] Zigurat Global Institute of Technology, “IFC: ¿Por qué ahora?”. [Online]. Disponible: <https://www.e-zigurat.com/blog/es/ifc-por-que-ahora/> [Último acceso junio. 16, 2021].
- [18] Espacio BIM, “IFC, un formato de intercambio open bim”. [Online]. Disponible: <https://www.espaciobim.com/ifc> [Último acceso junio. 16, 2021].
- [19] Wikipedia, “Industry Foundation Classes”. [Online]. Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Industry_Foundation_Classes [Último acceso junio. 16, 2021].
- [20] Wikipedia, “Industry Foundation Classes”. [Online]. Disponible: https://en.wikipedia.org/wiki/Industry_Foundation_Classes [Último acceso junio. 16, 2021].
- [21] Biblus, “Formato IFC y Open BIM, todo lo que hay que saber”. [Online]. Disponible: <https://biblus.accasoftware.com/es/formato-ifc-y-open-bim-todo-aquello-que-se-debe-saber/> [Último acceso junio. 16, 2021].

- [22] Biblus, “Arquitectura archivo IFC (parte1): IfcObjectDefinition”. [Online]. Disponible: <https://biblus.accasoftware.com/es/arquitectura-archivo-ifc-ifcobjectdefinition/> [Último acceso junio. 16, 2021].
- [23] buildingSmart International, “IFC Formats”. [Online]. Disponible: <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ifc-formats/> [Último acceso junio. 16, 2021].
- [24] “IfcPropertySingleValue”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/DEV/IFC4_3/RC1/HTML/schema/ifcpropertyresource/lexical/ifcpropertiesinglevalue.htm [Último acceso junio. 16, 2021].
- [25] “IfcAxis2Placement3D”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/DEV/IFC4_3/RC1/HTML/schema/ifcgeometryresource/lexical/ifcaxis2placement3d.htm [Último acceso junio. 16, 2021].
- [26] “IfcCartesianPoint”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/MVD/RELEASE/IFC4/ADD2_TC1/RV1_2/HTML/schema/ifcgeometryresource/lexical/ifccartesianpoint.htm [Último acceso junio. 16, 2021].
- [27] “IfcRoot”. [Online]. Disponible: <https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/FINAL/HTML/ifckernel/lexical/ifcroot.htm> [Último acceso junio. 16, 2021].
- [28] “IfcRoot”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/schema/ifckernel/lexical/ifcroot.htm [Último acceso junio. 16, 2021].
- [29] “D.2.1.146 IfcRoot”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/annex/annex-d/general-usage/ifcroot.htm [Último acceso junio. 16, 2021].
- [30] ResearchGate, “Figure 14 - uploaded by Patrice Poyet”. [Online]. Disponible: https://www.researchgate.net/figure/Cardinality-and-Aggregation-EXPRESS-G-allows-for-relations-of-greater-fig4_265643075 [Último acceso junio. 16, 2021].
- [31] “IfcObjectDefinition”. [Online]. Disponible: <https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/FINAL/HTML/ifckernel/lexical/ifcobjectdefinition.htm> [Último acceso junio. 16, 2021].
- [32] “IfcObjectDefinition”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/schema/

- [ifckernel/lexical/ifcobjectdefinition.htm](#) [Último acceso junio. 16, 2021].
- [33] “IfcObject”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/schema/ifckernel/lexical/ifcobject.htm [Último acceso junio. 16, 2021].
- [34] “IfcTypeObject”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/schema/ifckernel/lexical/ifctypeobject.htm [Último acceso junio. 16, 2021].
- [35] “IfcTypeObject”. [Online]. Disponible: <https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/FINAL/HTML/ifckernel/lexical/ifctypeobject.htm> [Último acceso junio. 16, 2021].
- [36] “IfcActor”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/schema/ifckernel/lexical/ifcactor.htm [Último acceso junio. 16, 2021].
- [37] “IfcActor”. [Online]. Disponible: <https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/FINAL/HTML/ifckernel/lexical/ifcactor.htm> [Último acceso junio. 16, 2021].
- [38] “IfcActor”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/annex/annex-d/general-usage/ifcactor.htm [Último acceso junio. 16, 2021].
- [39] “IfcControl”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/schema/ifckernel/lexical/ifccontrol.htm [Último acceso junio. 16, 2021].
- [40] “IfcControl”. [Online]. Disponible: <https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/FINAL/HTML/ifckernel/lexical/ifccontrol.htm> [Último acceso junio. 16, 2021].
- [41] “IfcGroup”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/schema/ifckernel/lexical/ifcgroup.htm [Último acceso junio. 16, 2021].
- [42] “IfcGroup”. [Online]. Disponible: <https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/FINAL/HTML/ifckernel/lexical/ifcgroup.htm> [Último acceso junio. 16, 2021].
- [43] “IfcProcess”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/schema/ifckernel/lexical/ifcprocess.htm [Último acceso junio. 16, 2021].

- [44] “IfcProcess”. [Online]. Disponible: <https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/FINAL/HTML/ifckernel/lexical/ifcprocess.htm> [Último acceso junio. 16, 2021].
- [45] “IfcProduct”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/schema/ifckernel/lexical/ifcproduct.htm [Último acceso junio. 16, 2021].
- [46] “IfcProduct”. [Online]. Disponible: <https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/FINAL/HTML/ifckernel/lexical/ifcproduct.htm> [Último acceso junio. 16, 2021].
- [47] “IfcResource”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/schema/ifckernel/lexical/ifcresource.htm [Último acceso junio. 16, 2021].
- [48] “IfcResource”. [Online]. Disponible: <https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/FINAL/HTML/ifckernel/lexical/ifcresource.htm> [Último acceso junio. 16, 2021].
- [49] “IfcTypeObject”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/schema/ifckernel/lexical/ifctypeobject.htm [Último acceso junio. 16, 2021].
- [50] “IfcTypeProcess”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/schema/ifckernel/lexical/ifctypeprocess.htm [Último acceso junio. 16, 2021].
- [51] “IfcTypeProduct”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/schema/ifckernel/lexical/ifctypeproduct.htm [Último acceso junio. 16, 2021].
- [52] “IfcTypeResource”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/schema/ifckernel/lexical/ifctyperesource.htm [Último acceso junio. 16, 2021].
- [53] “IfcRelationship”. [Online]. Disponible: <https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/FINAL/HTML/ifckernel/lexical/ifcrelationship.htm> [Último acceso junio. 16, 2021].
- [54] “IfcRelationship”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/schema/ifckernel/lexical/ifcrelationship.htm [Último acceso junio. 16, 2021].
- [55] Biblus, “Arquitectura archivo IFC (parte 2): el concepto de IfcRelationship”. [Online]. Disponible: <https://biblus.accasoftware.com/es/arquitectura-archivo-ifc-el-concepto-de-ifcrelationship/> [Último acceso junio. 16, 2021].

- [56] “IfcRelConnects”. [Online]. Disponible: <https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/FINAL/HTML/ifckernel/lexical/ifcrelconnects.htm> [Último acceso junio. 26, 2021].
- [57] “IfcRelConnects”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/schema/ifckernel/lexical/ifcrelconnects.htm [Último acceso junio. 26, 2021].
- [58] “IfcRelAssociates”. [Online]. Disponible: <https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/FINAL/HTML/ifckernel/lexical/ifcrelassociates.htm> [Último acceso junio. 26, 2021].
- [59] “IfcRelAssociates”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/schema/ifckernel/lexical/ifcrelassociates.htm [Último acceso junio. 26, 2021].
- [60] “IfcRelDecomposes”. [Online]. Disponible: <https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/FINAL/HTML/ifckernel/lexical/ifcreldecomposes.htm> [Último acceso junio. 26, 2021].
- [61] “IfcRelDecomposes”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/schema/ifckernel/lexical/ifcreldecomposes.htm [Último acceso junio. 26, 2021].
- [62] “IfcRelDefines”. [Online]. Disponible: <https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/FINAL/HTML/ifckernel/lexical/ifcreldefines.htm> [Último acceso junio. 26, 2021].
- [63] “IfcRelDefines”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/schema/ifckernel/lexical/ifcreldefines.htm [Último acceso junio. 26, 2021].
- [64] “IfcRelAssigns”. [Online]. Disponible: <https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/FINAL/HTML/ifckernel/lexical/ifcrelassigns.htm> [Último acceso junio. 26, 2021].
- [65] “IfcRelAssigns”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/schema/ifckernel/lexical/ifcrelassigns.htm [Último acceso junio. 26, 2021].
- [66] “IfcRelDeclares”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/schema/ifckernel/lexical/ifcreldeclares.htm [Último acceso junio. 26, 2021].
- [67] “IfcPropertyDefinition”. [Online]. Disponible: <https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/FINAL/HTML/ifckernel/lexical/ifcpropertydefinition.htm> [Último acceso junio. 16, 2021].

- [68] “IfcPropertyDefinition”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/schema/ifckernel/lexical/ifcpropertydefinition.htm [Último acceso junio. 16, 2021].
- [69] Biblus, “<https://biblus.accasoftware.com/es/arquitectura-archivo-ifc-ifcpropertydefinition/>”. [Online]. Disponible: <https://biblus.accasoftware.com/es/arquitectura-archivo-ifc-ifcpropertydefinition/> [Último acceso junio. 16, 2021].
- [70] Building new dimensions, “¿Qué tipos de software BIM existen en el mercado?”. [Online]. Disponible: <https://www.bimnd.es/tipo-software-bim-en-cada-fase/> [Último acceso junio. 17, 2021].
- [71] Graphisoft, “Graphisoft Archicad”. [Online]. Disponible: <https://graphisoft.com/es/solutions/products/archicad> [Último acceso junio. 17, 2021].
- [72] Wikipedia, “Archicad”. [Online]. Disponible: <https://en.wikipedia.org/wiki/ArchiCAD> [Último acceso junio. 17, 2021].
- [73] Wikipedia, “Revit”. [Online]. Disponible: <https://es.wikipedia.org/wiki/Revit> [Último acceso junio. 17, 2021].
- [74] Gestor Energético, “Los software BIM más utilizados”. [Online]. Disponible: <https://www.gestor-energetico.com/los-software-bim-mas-utilizados/> [Último acceso junio. 17, 2021].
- [75] Le Van Tien, “building”. [Online]. Disponible: <https://gallery.autodesk.com/projects/40415/building-3> [Último acceso junio. 17, 2021].
- [76] Allplan Architecture, “AllPlan Architecture Raise Your Level”. [Online]. Disponible: <https://www.allplan.com/es/productos/architecture-2019-features/> [Último acceso junio. 17, 2021].
- [77] Espacio BIM, “AECOSim, de Bentley Architecture”. [Online]. Disponible: <https://www.espaciobim.com/aecosim> [Último acceso junio. 17, 2021].
- [78] Bentley, “AECOSim Building Designer CONNECT Edition de Bentley supera los desafíos de escalabilidad BIM para grandes proyectos”. [Online]. Disponible: <https://www.bentley.com/es/about-us/news/2017/september/18/aecosim-building-designer-connect-edition> [Último acceso junio. 17, 2021].
- [79] Vectorworks, “The ultimate software from sketch to BIM”. [Online]. Disponible: <https://www.vectorworks.net/en-GB> [Último acceso junio. 17, 2021].
- [80] Vectorworks, “The ultimate software from sketch to BIM”. [Online]. Disponible: <https://www.vectorworks.net/en-GB/architect> [Último acceso junio. 17, 2021].

- [81] ACCA Software, “Edificius”. [Online]. Disponible: <https://www.accasoftware.com/es/3d-building-design-software> [Último acceso junio. 17, 2021].
- [82] Imagen del software Edificius. [Online]. Disponible: <https://cdn-resources.accasoftware.com/accasoftware/images/edificius/edificius-architectural-design-video-preview.jpg> [Último acceso junio. 17, 2021].
- [83] BIMcollab, “ZOOM para la validación de modelos”. [Online]. Disponible: <https://www.bimcollab.com/es/plans/zoom> [Último acceso junio. 22, 2021].
- [84] BIMcollab, “¿Por qué BIMcollab ZOOM?”. [Online]. Disponible: <https://www.bimcollab.com/es/products/bimcollab-zoom/why-bimcollab-zoom> [Último acceso junio. 22, 2021].
- [85] EspacioBim, “¿Clash detection?”. [Online]. Disponible: <https://www.espaciobim.com/clash-detection> [Último acceso septiembre. 14, 2021].
- [86] Graphisoft, “Graphisoft BIMx”. [Online]. Disponible: <https://graphisoft.com/es/solutions/products/bimx> [Último acceso junio. 22, 2021].
- [87] BIM Community, “BIMx, the model and plans sharing app”. [Online]. Disponible: <https://www.bimcommunity.com/technical/load/20/bimx-la-app-para-compartir-modelo-y-planos> [Último acceso junio. 22, 2021].
- [88] Solibri, “Nuestra oferta”. [Online]. Disponible: <https://www.solibri.com/our-offering> [Último acceso junio. 22, 2021].
- [89] Solibri, “Nuestra oferta”. [Online]. Disponible: <https://www.solibri.com/our-offering> [Último acceso junio. 22, 2021].
- [90] A360, “Características de A360”. [Online]. Disponible: <https://a360.autodesk.com/features/index.html> [Último acceso junio. 22, 2021].
- [91] A360, “Características de A360”. [Online]. Disponible: <https://a360.autodesk.com/> [Último acceso junio. 22, 2021].
- [92] Dalux, “Planos y modelos”. [Online]. Disponible: <https://www.dalux.com/es/dalux-field/planos-y-modelos/> [Último acceso junio. 22, 2021].
- [93] Dalux. [Online]. Disponible: <https://www.dalux.com/daluxbimviewer/dalux-bim-viewer-sign-up-success/> [Último acceso junio. 22, 2021].
- [94] Bimsync, “Bimsync Arena”. [Online]. Disponible: <https://bimsync.com/> [Último acceso junio. 22, 2021].
- [95] BIMvision. [Online]. Disponible: <https://bimvision.eu/es/> [Último acceso junio. 22, 2021].

- [96] BIMvision, “Sobre BIMvision”. [Online]. Disponible: <https://bimvision.eu/es/sobre-bimvision/> [Último acceso junio. 22, 2021].
- [97] BIMkeeper. [Online]. Disponible: <https://bimkeeper.com/> [Último acceso junio. 22, 2021].
- [98] BIMkeeper, “BIMkeeper demo sites”. [Online]. Disponible: <https://demo.bimkeeper.com/login> [Último acceso junio. 22, 2021].
- [99] ACCA software, “usBIM”. [Online]. Disponible: <https://www.accasoftware.com/es/bim-management-system> [Último acceso junio. 22, 2021].
- [100] ACCA software, “usBIM”. [Online]. Disponible: <https://www.accasoftware.com/es/bim-management-system> [Último acceso junio. 22, 2021].
- [101] Autodesk, “Naviworks”. [Online]. Disponible: <https://www.autodesk.es/products/navisworks/overview?term=1-YEAR> [Último acceso junio. 23, 2021].
- [102] SYNCHRO. [Online]. Disponible: <https://www.bentley.com/es/products/brands/synchro> [Último acceso junio. 23, 2021].
- [103] ITeC, “TCQi”. [Online]. Disponible: <https://itec.es/programas/tcqi/> [Último acceso junio. 23, 2021].
- [104] ITeC, “TCQi/TCQ – Presupuestos y condiciones técnicas”. [Online]. Disponible: <https://itec.es/programas/tcqi/presupuesto-condiciones-tecnicas/> [Último acceso junio. 23, 2021].
- [105] Cype, “Arquímedes”. [Online]. Disponible: <http://arquimedes.cype.es/> [Último acceso junio. 24, 2021].
- [106] Rib Spain, “Cost-it: BIM 5D con Presto”. [Online]. Disponible: <https://www.rib-software.es/cost-it> [Último acceso junio. 24, 2021].
- [107] Arktec, “Gest.MidePlan”. [Online]. Disponible: <http://www.arktec.com/ES/Productos/Gest/Caracteristicas/CaracteristicasMidePlan.aspx> [Último acceso junio. 24, 2021].
- [108] IBM, “IBM Maximo Application Suite”. [Online]. Disponible: <https://www.ibm.com/es-es/products/maximo> [Último acceso junio. 26, 2021].
- [109] Vetasi, “Integrando BIM con Maximo”. [Online]. Disponible: <https://www.vetasi.com/es/integrando-bim-con-maximo> [Último acceso junio. 26, 2021].
- [110] Archibus. [Online]. Disponible: <https://archibus.com/> [Último acceso junio. 26, 2021].

- [111] Graphisoft, “EcoDesigner”. [Online]. Disponible: <https://graphisoft.com/es/downloads/ecodesigner> [Último acceso junio. 26, 2021].
- [112] Emu Architeti, “Graphisoft presenta EcoDesigner Star”. [Online]. Disponible: <https://emuarchitetti.wordpress.com/2013/01/30/graphisoft-presenta-ecodesigner-star/> [Último acceso junio. 26, 2021].
- [113] Autodesk, “Green Building Studio”. [Online]. Disponible: <https://gbs.autodesk.com/GBS/> [Último acceso junio. 26, 2021].
- [114] CYPE, “CYPETHERM HE”. [Online]. Disponible: <http://cypetherm-he-plus.cype.es/> [Último acceso junio. 26, 2021].
- [115] IfcWiki, “Freeware”. [Online]. Disponible: <https://www.ifcwiki.org/index.php/Freeware> [Último acceso junio. 26, 2021].
- [116] Structuralia, “Cómo hacer un BIM Implementation Plan paso a paso”. [Online]. Disponible: <https://blog.structuralia.com/como-hacer-un-bim-implementation-plan-paso-a-paso> [Último acceso agosto. 1, 2021].
- [117] Blog Entorno BIM, “Plan de implantación de metodología BIM en organizaciones”. [Online]. Disponible: <http://blog.entornobim.org/plan-implantacion-metodologia-bim-organizaciones/> [Último acceso agosto. 1, 2021].
- [118] Ayuntamiento de Valladolid, “Información General y Registro”. [Online]. Disponible: <https://www.valladolid.es/es/ciudad/estadisticas/utilidad/servicios/informacion-general-registro> [Último acceso septiembre. 1, 2021].
- [119] Ayuntamiento de Valladolid, “Servicios”. [Online]. Disponible: <https://www.valladolid.es/es/ciudad/estadisticas/utilidad/servicios> [Último acceso septiembre. 1, 2021].
- [120] Blog Entorno BIM, “Perfiles y roles BIM”. [Online]. Disponible: <http://blog.entornobim.org/perfiles-roles-bim/> [Último acceso septiembre. 1, 2021].
- [121] BIMvision, “Descargar”. [Online]. Disponible: <https://bimvision.eu/es/descargar/> [Último acceso agosto. 26, 2021].
- [122] BuildingSmart, “¿Qué es BIM?”. [Online]. Disponible: <https://www.buildingsmart.es/bim/> [Último acceso septiembre. 07, 2021].
- [123] BuildingSmart, “Clases”. [Online]. Disponible: <https://www.buildingsmart.es/recursos/ifc-en-espa%C3%B1ol/classes/> [Último acceso junio. 07, 2021].

- [124] Standards BuildingSmart, “Diagram 1 of 8”. [Online]. Disponible: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/FINAL/HTML/ifckernel/diagrams/diagram_0001.htm [Último acceso junio. 07, 2021].
- [125] Bimspot, “Free BIM Quality Checks”. [Online]. Disponible: <https://ifc-checker.com/clash> [Último acceso septiembre. 07, 2021].
- [126] Github, “IfcValidator”. [Online]. Disponible: <https://github.com/opensourceBIM/IfcValidator> [Último acceso septiembre. 07, 2021].
- [127] ArchDaily, “Acelera la revisión BIM con visualización en tiempo real”. [Online]. Disponible: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/938069/accelera-la-revision-bim-con-visualizacion-en-tiempo-real> [Último acceso septiembre. 07, 2021].
- [128] Autodesk, “Immersive BIM in Real Time”. [Online]. Disponible: <https://www.autodesk.com/autodesk-university/content/Immersive-BIM-in-Real-Time> [Último acceso septiembre. 07, 2021].
- [129] BIM Services, “What is Real-time data in BIM and why is it so important?”. [Online]. Disponible: <https://www.bimservicesindia.com/blog/what-is-real-time-data-in-bim-and-why-is-it-so-important/> [Último acceso septiembre. 07, 2021].
- [130] EspacioBIM, “BIM Manager (qué es) más que un coordinador BIM”. [Online]. Disponible: <https://www.espaciobim.com/bim-manager> [Último acceso agosto. 07, 2021].
- [131] EntornoBIM, “Bienvenido a tu EntornoBIM”. [Online]. Disponible: <http://entornobim.org/> [Último acceso agosto. 07, 2021].
- [132] Editeca, “La implantación BIM en el sector público Español”. [Online]. Disponible: <https://editeca.com/implantacion-bim-en-el-sector-publico-espanol/> [Último acceso agosto. 07, 2021].
- [133] Kaizen, “Modelo BIM para Gestión del Centro Cívico José María Luelmo”. [Online]. Disponible: <https://www.kaizenai.com/proyectos/modelo-bim-para-gestion-del-centro-civico-jose-maria-luelmo/> [Último acceso agosto. 07, 2021].
- [134] MV-BIM, “5 claves para una implantación BIM de éxito”. [Online]. Disponible: <https://mv-bim.com/implantacion-bim/> [Último acceso agosto. 07, 2021].
- [135] EntornoBIM, “¿Cómo se está adoptando BIM en España?”. [Online]. Disponible: <http://blog.entornobim.org/se-esta-adoptando-bim-espana/> [Último acceso agosto. 07, 2021].

- [136] Buildingsmart, “Macro Estudio de Adopción BIM”. [Online]. Disponible: <https://www.buildingsmart.es/observatorio-bim/estudios/macro-estudio-adopci%C3%B3n-bim/> [Último acceso agosto. 07, 2021].
- [137] IBIM, “Experiencia IBIM”. [Online]. Disponible: <https://ibim.es/experiencia-ibim/> [Último acceso agosto. 07, 2021].
- [138] BIMnD, “¿Para quién y cuándo es obligatorio BIM?”. [Online]. Disponible: <https://www.bimnd.es/quien-cuando-obligatorio-bim/> [Último acceso agosto. 07, 2021].
- [139] Ayuntamiento de Valladolid, “Contraro menor de servicios para la implementación BIM en el ayuntamiento de Valladolid”. [Online]. Disponible: <https://www.espaciobim.com/bim-manager> [Último acceso agosto. 07, 2021].
- [140] Esmartcity, “Proyecto de implantación de la metodología BIM en la Promoción y gestión de vivienda pública tomando como modelo la Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid”. [Online]. Disponible: <https://www.esmartcity.es/comunicaciones/comunicacion-proyecto-implantacion-la-metodologia-bim-la-promocion-g> [Último acceso agosto. 07, 2021].