

ABSTRACT

Actualmente, en un país donde la construcción de nueva planta está prácticamente paralizada, es muy necesaria una adecuada gestión del mantenimiento y de las operaciones de reforma en edificios existentes. Por consiguiente, analizando el nuevo método de trabajo definido por procesos de tecnología BIM, se procederá a la documentación de un edificio institucional mediante dichos métodos. La metodología BIM es un modelo de proceso constructivo que ha irrumpido con fuerza en los últimos años en la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción. En resumen, puede definirse como la elaboración de un modelo de información tridimensional de los edificios, que nace en la fase de diseño del inmueble, lo escolta en su construcción y vive con él durante toda su vida útil, acompañándolo hasta su demolición. No obstante, se presenta la posibilidad de que dicho modelo constructivo se desarrolle una vez construido el edificio para gestionar su explotación, objeto de investigación en este proyecto.

De esta forma, con este Proyecto Fin de Grado se llevará a cabo un análisis sobre los métodos de integración de procesos BIM en el levantamiento de edificios existentes, eligiéndose como modelo arquitectónico el Edificio de Laboratorios de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, Universidad de Sevilla, del cual se desconoce una documentación de estado actual fiable. Se realizará un modelo BIM de Estado Actual del inmueble. Y a partir de este, se obtendrá la documentación e información pertinente que defina el edificio, estableciendo una metodología de trabajo específica para el abordaje de modelados BIM de cualquier edificio ya construido.

Además, se pretende también iniciar la elaboración de un modelo BIM “as-built”, tanto del edificio en cuestión, como de todo el Campus Universitario Reina Mercedes, preparando el directorio de proyecto creado para tal fin. Con esto se persigue la integración de la tecnología BIM en las gestiones de Facility Management, disciplina muy desarrollada últimamente en España, destinada a la optimización de la explotación de inmuebles.

PALABRAS CLAVE

BIM, Modelo BIM “As-built”, Mantenimiento, Facility Management

ABSTRACT

Currently, in a country where the new construction is practically paralyzed, a proper management of maintenance and operations in existing buildings reform is necessary. Therefore analyzing the new working method defined by BIM processes, be come to the documentation of an institutional building by such methods. The BIM methodology is a model of construction that has burst in the last few years in the industry of architecture, engineering and construction. In summary, it can be defined as the development of three-dimensional model information of the buildings, which rises in the design phase of the building, continues in his construction and is with him throughout his life, until the demolition. However, there is the possibility that the building model is developed once built the building to manage their operation, subject to investigation in this project.

Thus, with this Final Year Project will be carried out an analysis of the BIM integration methods in existing buildings. As architectural model has been chosen the Laboratory Building of Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, Universidad de Sevilla, which a reliable documentation of current condition is unknown. Therefore, a Building Information Model of current state will be made. From this, the relevant documentation and information that defines the building will be obtained by establishing a specific work methodology for addressing BIM modeling in any existing building.

Also the target is to initiate the development of an As-built BIM for the building in question and in the entire University Campus Reina Mercedes, preparing the Project for it. With this, the aim is the integration of BIM technology in Facility Management effort, discipline very developed lately in Spain, aimed at optimizing the exploitation of properties.

KEYWORDS

BIM, As-built BIM Model, Building maintenance, Facility Management

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN. 9

2. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA ELEGIDO. 11

3. ESTADO DE LA CUESTIÓN. 13

3.1 MARCO HISTÓRICO EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN..... 13

3.2 INICIOS DEL PENSAMIENTO BIM. 14

3.3 ESQUEMA CRONOLÓGICO DE LA HISTORIA DEL BIM..... 16

3.4 ¿QUÉ ES BIM?..... 17

3.5 PANORAMA INTERNACIONAL EN EL USO DE TECNOLOGÍA BIM. 20

3.6 ASOCIACIÓN BUILDING SMART..... 22

3.6.1 Guías uBIM 2014. 23

3.7 NIVELES DE DESARROLLO DE UN MODELO BIM. LEVEL OF DEVELOPMENT SPECIFICATION..... 24

3.8 DIMENSIONES DEL BIM. 26

3.8.1 Dimensión plana - BIM 2D..... 26

3.8.2 Dimensión tridimensional - BIM 3D. 26

3.8.3 Análisis de la programación temporal - BIM 4D..... 26

3.8.4 Incorporación de costes/presupuestos - BIM 5D..... 27

3.8.5 Certificaciones energéticas. Sostenibilidad - BIM 6D..... 27

3.8.6 Gestión del ciclo de vida. Mantenimiento y operaciones - BIM 7D..... 27

3.9 LA ESTANDARIZACIÓN EN BIM. FORMATO IFC. 28

3.10 FACILITY MANAGEMENT EN EL ENTORNO BIM. 28

3.10.1 Introducción al Facility Management..... 28

3.10.2 Aplicación de la tecnología BIM en operaciones de Facility Management..... 29

3.10.3 Nuevos perfiles profesionales relacionados con BIM Management..... 30

4. HIPÓTESIS DE PARTIDA. 33

5. DELIMITACIÓN DEL CAMPO DE TRABAJO. 35

6. OBJETIVOS..... 39

6.1 OBJETIVOS GENERALES. 39

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS. 39

7. JUSTIFICACIÓN DE COMPETENCIAS.....	41
8. METODOLOGÍA.....	43
8.1 INTRODUCCIÓN	43
8.2 ELECCIÓN DEL EDIFICIO.....	44
8.3 ESQUEMA GUÍA DE METODOLOGÍA EMPLEADA.....	46
8.4 FASE 1: ANÁLISIS PRELIMINAR Y RECOPIACIÓN DE DOCUMENTACIÓN.....	47
8.4.1 Datos de partida.....	47
8.4.2 Denominación y uso del edificio.	48
8.4.3 Situación y emplazamiento.	50
8.4.4 Localización geográfica.....	51
8.4.5 Referencia catastral y datos del inmueble.	51
8.5 FASE 2: TOMA DE DATOS Y ANÁLISIS CONSTRUCTIVO DEL EDIFICIO.....	52
8.5.1 Medición del edificio y su entorno.....	52
8.5.2 Prospecciones visuales y catas.	53
8.5.2.1 <i>Inspecciones Planta Baja.</i>	54
8.5.2.1.1 Inspección nº 1.....	55
8.5.2.1.2 Inspección nº 2.....	55
8.5.2.1.3 Inspección nº 3.....	56
8.5.2.1.4 Inspección nº 4.....	57
8.5.2.1.5 Inspección nº 5.....	58
8.5.2.1.6 Inspección nº 6.....	58
8.5.2.1.7 Inspección nº 7.....	59
8.5.2.1.8 Inspección nº 8.....	59
8.5.2.2 <i>Inspecciones Planta Primera.</i>	60
8.5.2.2.1 Inspección nº 9.....	61
8.5.2.2.2 Inspección nº 10.....	62
8.5.2.2.3 Inspección nº 11.....	63
8.5.2.3 <i>Inspecciones cubierta.</i>	64
8.6 FASE 3: ELABORACIÓN DEL MODELO VIRTUAL DEL EDIFICIO.	65
8.6.1 Elección del software BIM. Allplan 2015.....	65
8.6.2 Creación del proyecto y definición de estructura de pisos.....	66
8.6.3 Organización del proyecto. Definición de archivos de trabajo.	67
8.6.4 Sistema de coordenadas y unidades de medida.....	69
8.6.5 Modelado del Emplazamiento. Campus Universitario Reina Mercedes.....	69
8.6.6 Niveles de precisión del modelo de estado actual.....	72
8.6.7 Generación de la maqueta tridimensional.....	73

8.7 FASE 4: GENERACIÓN DE PLANIMETRÍA DE ESTADO ACTUAL A PARTIR DEL MODELO.	76
8.8 FASE 5: ELABORACIÓN DE MEDICIÓN Y PRESUPUESTO A PARTIR DEL MODELO.	78
8.8.1 Asignación de partidas al modelo.	78
8.8.2 Extracción de mediciones del software BIM Allplan 2015.	79
8.8.3 Importación de mediciones en software de presupuestos y generación del presupuesto.	80
8.9 FASE 6: EXPORTACIÓN DEL MODELO A FORMATOS DE TRANSFERENCIA BIM.	80
9. DESARROLLO DEL TRABAJO. ESPECIFICACIÓN BIM Y RESULTADOS OBTENIDOS.	83
9.1 DEFINICIÓN CONSTRUCTIVA A PARTIR DE LOS DATOS OBTENIDOS. RESULTADOS FASE 1 Y 2.	83
9.1.1 Sustentación del edificio.	83
9.1.2 Sistema estructural.	84
9.1.2.1 Estructura Planta Baja.	85
9.1.2.2 Estructura Planta Primera.	88
9.1.3 Sistema envolvente.	92
9.1.3.1 Cerramiento de fachada.	92
9.1.3.2 Cubierta.	93
9.1.4 Sistema de compartimentación.	94
9.1.5 Escalera.	97
9.1.6 Revestimientos y acabados.	98
9.1.6.1 Acabados de superficies laterales.	98
9.1.6.2 Solados.	99
9.1.6.3 Techos.	100
9.1.7 Instalaciones del edificio.	100
9.2 FICHAS DESCRIPTIVAS DE ESPECIFICACIÓN BIM. RESULTADOS FASE 3.	101
9.2.1 Fichas Descriptivas de Especificación BIM generales.	102
9.2.1.1 Ficha nº 1. Resumen de Especificación BIM. Modelo de Emplazamiento.	103
9.2.1.2 Ficha nº2. Especificación BIM del modelo generado. Edificio de Laboratorios de la E.T.S.I.E.	104
9.2.2 Fichas Descriptivas de Especificación BIM por capítulos.	105
9.2.2.1 Ficha nº 3. Muros.	106
9.2.2.2 Ficha nº 4. Puertas y ventanas.	107
9.2.2.3 Ficha nº 5. Vidriera fachada principal.	108
9.2.2.4 Ficha nº 6. Forjados.	109
9.2.2.5 Ficha nº 7. Estructura – Pilares, vigas, viguetas y cerchas.	110
9.2.2.6 Ficha nº 8. Escalera y barandillas.	111
9.2.2.7 Ficha nº 9. Fachada.	112

9.2.2.8 Ficha nº 10. Acabados de locales o estancias.	113
9.2.2.9 Ficha nº 11. Mobiliario y equipamiento.	114
9.3 PLANIMETRÍA DE ESTADO ACTUAL DEL EDIFICIO. RESULTADOS FASE 4.	115
9.4 MEDICIÓN OBTENIDA A PARTIR DEL MODELO. RESULTADOS FASE 5.	119
9.5 ARCHIVOS DE TRANSFERENCIA DEL MODELO EN FORMATOS BIM. RESULTADOS FASE 6.	120
9.5.1 Proyecto Completo – Campus Reina mercedes (Formato nativo Allplan - PRJ).	120
9.5.2 Modelo de Emplazamiento (Formato IFC).	120
9.5.3 Modelo Arquitectónico (Formato IFC).	121
9.5.4 Modelo Estructural (Formato IFC).	121
9.5.5 Maqueta Tridimensional (PDF-3D).	122
10. CONCLUSIONES.	123
10.1 CONCLUSIONES GENERALES RESPECTO A LA INTEGRACIÓN DE PROCESOS BIM EN LEVANTAMIENTO DE EDIFICIOS EXISTENTES.	123
10.2 CONCLUSIONES RESPECTO AL PROCESO DE IMPLANTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL MODELO DE PROCESO CONSTRUCTIVO ESPAÑOL.	123
10.3 CONCLUSIONES RESPECTO A LOS CAMBIOS QUE LA IMPLANTACIÓN DE BIM GENERARÍA EN EL MODELO DE PROCESO CONSTRUCTIVO ESPAÑOL.	124
10.4 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS DEL CASO PRÁCTICO ABORDADO EN ESTE PROYECTO.	125
10.5 LLAMAMIENTO A LAS UNIVERSIDADES PARA INTEGRACIÓN DE PROCESOS BIM EN LA DOCENCIA UNIVERSITARIA.	126
11. LÍNEAS DE DESARROLLO ABIERTAS.	127
12. FUENTES CONSULTADAS.	129
12.1 PROYECTOS Y TESIS CONSULTADOS.	129
12.2 BIBLIOGRAFÍA GENÉRICA.	129
12.3 BIBLIOGRAFÍA ESPECÍFICA.	129
12.4 PÁGINAS WEBS.	130
12.5 PROFESIONALES DEL SECTOR CONTACTADOS PARA LA REALIZACIÓN DEL PFG.	132
15. ANEXO 1: MEDICIÓN Y PRESUPUESTO DE DEMOLICIÓN.	133
16. ANEXO 2: PLANIMETRÍA.	ANEXO CD
17. ANEXO 3: FICHEROS DE EXPORTACIÓN DEL MODELO.	ANEXO CD

MEMORIA PROYECTO FIN DE GRADO

**INTEGRACIÓN DE PROCESOS BIM EN LEVANTAMIENTO DE EDIFICIOS EXISTENTES.
EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA E.T.S.I.E. CAMPUS UNIVERSITARIO REINA MERCEDES.**

Tutor: ISIDRO CORTÉS ALBALÁ

Autor: GÓMEZ RODRÍGUEZ, MATÍAS

Firmado:



Fecha: 28/06/2015 DNI: 29616779-R



1. INTRODUCCIÓN.

Es indudable que el sector de la construcción es un componente muy significativo en la economía de un país, pero a pesar de ello, pueden resaltarse numerosos problemas en su desarrollo, al menos en lo que respecta a nuestro país, España. Entre estos problemas pueden destacarse: incumplimiento de los plazos, baja productividad, errores en los presupuestos, insuficiente calidad de los proyectos, altos índices de accidentes en comparación con otros sectores económicos, falta de gestiones adecuadas en mantenimiento de edificios, etc. Además, todo esto se suma a la crisis económica por la que está pasando el país, que popularmente es muy común atribuirle al declive de la denominada “burbuja inmobiliaria”¹. Sin embargo, es necesario resaltar que los orígenes de la deficiente situación de la construcción en España no son atribuibles únicamente al declive de la “burbuja inmobiliaria”, o a la situación de crisis económica, sino que también tiene un componente estructural, sistémico, que arrastra desde mucho antes, en cuanto al modelo productivo y competitivo en el que se basa. Dicho componente se refiere a la metodología de trabajo que se emplea en la construcción española, que desemboca en la generación de los problemas con los que se comenzaba el presente párrafo.

El modelo constructivo español, cuyo análisis nos compete en el presente proyecto de investigación, apenas ha evolucionado con el tiempo y se trata de un modelo que tiene muchas carencias, y que debe ser sustituido por modelos más industrializados, como sucede en el resto de sectores. No obstante, éste no es exclusivo de nuestro país, sino que puede observarse también en otros países. Sin embargo, también existen algunos países, golpeados en mayor o menor medida por la crisis financiera internacional, que están implantando desde hace algunos años nuevas formas de organizar la actividad productiva del proceso constructivo, lo cual está desembocando en importantes mejoras del sector.

Por consiguiente, analizando el modelo constructivo español, así como los posibles motivos por los que el mismo no ha sufrido mejoras a lo largo del tiempo, cabe resaltar que la situación del modelo productivo actual de la construcción en el país no es debida únicamente a la crisis económica por la que está pasando el mismo, como ya se ha anunciado, sino que viene de orígenes anteriores. Sin embargo, también hay que asumir que dicha debacle económica ha provocado la paralización casi completa de la actividad constructiva, la cual genera que apenas se preste atención a la gestación e implantación del cambio de modelo que en otros países ya está implantado, o se está implantando. Solo la curiosidad de algunos profesionales del sector por conocer estos nuevos modelos relacionales, organizativos y productivos, o la necesidad de aquellas empresas y profesionales que han debido salir al extranjero para mantener su capacidad productiva, han hecho que se comience a conocer en España. Así, los inicios de implantación que puedan observarse actualmente en este país se están introduciendo muy lentamente y con pocos avances por el momento, debido al miedo generado por la crisis económica y a la forma en que la sociedad concibe el sector constructivo.

Building Information Modeling, designado por sus siglas BIM, es una de estas metodologías de trabajo que parecen llamadas a generar un cambio importante en la forma que actualmente se tiene de gestionar los proyectos constructivos. Se trata de un modelo constructivo que está teniendo una rápida expansión internacional, en la cual se puede destacar el mundo anglosajón, donde ha sido ya

¹ Cuando se hace referencia en el presente documento al término “burbuja inmobiliaria” nos referimos al declive o pinchazo que ha presentado la construcción en este país. El término se refiere a la situación de la construcción en los años anteriores a 2007-08, donde la misma era el principal sector económico del país, y por tanto, principal fuente de ingresos en la economía del mismo. A partir de dichos años, la situación descendió notablemente, desembocando en la situación actual del país.

ampliamente aceptada, y se encuentran actualmente realizando infinidad de protocolos y estándares, y legislando al respecto. Sin embargo, su grado de conocimiento e implantación en España es incipiente y apenas relevante, no porque se dude de las mejoras que, a priori, parece aportar al modelo constructivo, sino por la nombrada inactividad del sector, que genera miedo al cambio en la sociedad, puesto que el cambio de todo un modelo constructivo supone un importante esfuerzo, tanto económico como intelectual.

Como introducción de la mencionada tecnología BIM, cabe especificar que consiste en la generación de modelos de información tridimensionales, a partir de los cuales se gestiona tanto el diseño, como la construcción y el mantenimiento de los edificios durante su vida útil, englobando todo el proceso constructivo y toda la vida útil del edificio. Puede resumirse como la generación de un modelo que nace en la fase de diseño del edificio, lo acompaña durante su construcción y vive con él durante toda su vida útil, gestionando toda la información y documentación del mismo, y acompañándolo hasta su demolición. No obstante, esta metodología de trabajo será desarrollada a lo largo del presente documento.

Además, uno de los síntomas que se detectan entre las dificultades de implantación de ese nuevo modelo constructivo en España es la resignación de la sociedad, que ya no aspira a reproducir el modelo productivo que se tenía antes del estallido de la crisis, por lo que no considera rentable el importante esfuerzo que requiere la implantación de las nombradas novedades. Sin embargo, hay una cosa que pensar, y por la cual se ha elaborado el presente proyecto de investigación, que consiste en las posibilidades que la implantación de esta nueva metodología de trabajo podría aportar en el mantenimiento de edificios existentes, que es la principal sustentación de la productividad actual del sector construcción. Por consiguiente, con la elaboración de este proyecto se intenta poner a prueba la tecnología BIM en lo que se refiere al mantenimiento y operaciones de edificios existentes. Para ello se procederá a la elaboración de un modelo BIM de Estado Actual del *Edificio de Laboratorios de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación*, sito en el Campus Universitario Reina Mercedes, de la Universidad de Sevilla. Además, con el desarrollo del presente, no solo se pretende generar el modelo, sino definir una metodología específica de trabajo para levantamientos BIM de edificios existentes, además de definir y documentar un edificio del que no se tiene ninguna información, y que a su vez necesita una adecuada gestión de su mantenimiento, por el uso al que se destina. No obstante, todo esto será definido de una forma más concisa en posteriores apartados del presente documento.

2. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA ELEGIDO.

Como se ha introducido en el apartado anterior, el modelo constructivo español necesita un cambio en lo que respecta a la metodología de trabajo con la que se aborda actualmente el proceso constructivo. Dicho cambio podría consistir en la implantación de la tecnología BIM² como metodología de trabajo para el diseño, construcción y mantenimiento de los edificios. Además, con la implantación de esta tecnología se resolverían las carencias que el modelo constructivo español tiene en cuanto a gestiones de mantenimiento de edificios.

Actualmente, en un país donde la construcción de nueva planta está prácticamente paralizada, es muy necesaria la elaboración de una adecuada gestión del mantenimiento y de las operaciones de reforma en edificios existentes. Por tanto, se ha considerado oportuno la elección de este tema como fundamentos del presente proyecto de investigación, que como ya se mencionaba en el apartado anterior, consistirá en la puesta a prueba de la tecnología BIM para el levantamientos de edificios que ya están construidos, con objetivo de emplearlos como base de datos de toda la documentación del edificio y para una correcta gestión del mantenimiento y operaciones de reforma en los mismos.

Por ello, se ha elegido un edificio con una categoría importante y perteneciente a una institución, que es el tipo de edificio que puede plantear el interés o la necesidad de obtener un modelo BIM de Estado Actual, a partir del cual gestionar el mantenimiento del mismo y las posibles operaciones de reforma. Por tanto, el edificio elegido como modelo arquitectónico ha sido el ya mencionado Edificio de Laboratorios de la E.T.S.I.E., cuyos motivos específicos de elección pueden consultarse en el posterior apartado “8.2 ELECCIÓN DEL EDIFICIO.”, del presente documento.

Además, con la elección de este tema, se pretende también iniciar la elaboración de un modelo BIM “as-built”³, tanto del edificio en cuestión, como de todo el Campus Universitario Reina Mercedes, habiendo dejado preparado el proyecto para tal fin, tal y como se define en el apartado de Delimitación del campo de trabajo del presente proyecto. En dicho apartado se define también las partes que quedan dentro del estudio realizado y las que quedan pendiente de un desarrollo posterior del proyecto.

Con la obtención de este modelo BIM “as-built” se haría posible la correcta gestión de inmuebles, dentro de la disciplina del “Facility Management”, que está muy desarrollada últimamente en España, puesto que supone la gestión de todo un inmueble, para la optimización de su explotación. Ésta es una disciplina que puede definirse como un modelo de gestión de empresas que tienen como objetivo la adecuación permanente de los facilities (activos o recursos inmobiliarios) a la organización y al equipo humano que compone la empresa, así como gestionar el mantenimiento de los mismos para reducción de gastos. Esto lo hacen asegurando y gestionando el mejor funcionamiento de los inmuebles y de sus servicios asociados, mediante la integración de personas, espacios, procesos y tecnologías existentes en un edificio, generando una óptima eficiencia en lo que respecta al uso del mismo. No obstante, se desarrollará el análisis de esta disciplina en posteriores apartados de este documento.

² Como ya se ha especificado anteriormente, las siglas BIM hacen referencia a Building Information Modeling. Se resalta mediante esta nota que estas siglas serán empleadas para nombrar dicha metodología de trabajo en toda la redacción posterior de este documento.

³ Con modelo BIM “as-built” nos referimos al modelado del edificio tal y como ha sido construido, reflejando todo tal y como puede observarse en la realidad, con pequeñas tolerancias dimensionales. Se refiere al nivel LOD 500, que será definido en posteriores apartados de este proyecto.



3. ESTADO DE LA CUESTIÓN.

3.1 MARCO HISTÓRICO EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN.

Durante toda la historia de la humanidad, la construcción ha sido un símbolo distintivo del progreso y avance de cada época. Uno de los referentes que nos permite evaluar y acotar el nivel de conocimiento y dominio de la ciencia y la tecnología que cada civilización tenía. Desde las construcciones megalíticas en el 3000 a.C., pasando por los conjuntos piramidales de los continentes americano, africano y asiático, y hasta los hitos constructivos que se identifican con cada una de las Edades de la Historia Universal (Antigua, Media y Moderna).

Sin embargo, esa característica de innovación, avance y desarrollo que parecía imprimir el sector de la construcción a cada una de las épocas históricas parece detenerse a mitad del s. XX. Las últimas grandes aportaciones del sector al desarrollo tecnológico quedan enmarcadas en la construcción de la línea ferroviaria este-oeste en Estados Unidos, los avanzados edificios de las Grandes Exposiciones Universales (como el Crystal Palace de Londres en 1851) y, por último, los rascacielos a partir de principios del s. XX. En todos ellos, la industria está al servicio de la construcción. Es decir, el objeto de la construcción hace de motor y activación del desarrollo industrial. (Graham M. Winch, 2003)

La 2ª Revolución Industrial (S. XIX) y, especialmente, la 1ª y 2ª Guerra Mundial (1914-18 y 1939-45) invierten definitivamente ese proceso. Por consiguiente, la industria marca la pauta del avance y desarrollo, mientras que la construcción pasa a un segundo plano en sus aportaciones a la técnica e innovación, quedando el proceso constructivo sujeto al proceso industrial.

De esta forma, la construcción actual ha perdido su entidad de generadora de avance y progreso en la sociedad, tal y como afirma Graham M. Winch en su artículo científico *“Models of manufacturing and the construction process: The génesis of re-engineering construction”*.⁴ En dicho artículo se puede citar textualmente: *“Si pudiéramos trasladar en el tiempo a un trabajador de la construcción de un rascacielos del Nueva York de 1920 a la época actual, apenas notaría cambios en los procedimientos para hacer su trabajo. Podría perfectamente participar de forma activa en el proceso constructivo actual.”*

Así, la industria de la construcción hoy en día está considerada una industria casi artesanal frente a otros sectores industriales, como la industria manufacturera, que se ha ido modernizando, hasta llegar a la situación actual, donde prácticamente todo está automatizado y robotizado.

No obstante, esta falta de innovación no se observa únicamente en la construcción como tal, sino también en la metodología que se emplea para llevarla a cabo, es decir, en la forma en la que se configura el modelo de proceso constructivo. En este aspecto también se encuentra muy por debajo del desarrollo presentado por el resto de sectores industriales.

Todo esto, ha generado que desde hace unos años el sector construcción se esté midiendo con su hermano manufacturero, haciendo aparecer nuevas técnicas de metodologías de trabajo para el desarrollo del proceso constructivo. Entre estas técnicas se puede resaltar la tecnología BIM, objeto de investigación del presente proyecto. Sin embargo, la implantación de estas nuevas técnicas metodológicas están llegando de una forma más o menos rápida en las principales potencias

⁴ Graham M. Winch, 2003.

internacionales, pero no en España, donde debido también a la situación de crisis en la que se encuentra el sector, la implantación de nuevas tecnologías está siendo un proceso muy lento.

No obstante, dicha tecnología BIM no es que tenga un origen demasiado reciente, puesto que pueden observarse inicios de este pensamiento desde principios de la segunda mitad del S.XX, aunque si es cierto que los comienzos de implantación y desarrollo de dicha tecnología para su empleabilidad real en la construcción no aparecen hasta entrado el S. XXI, comenzando por las principales potencias mundiales en el sector constructivo. Y en lo que respecta a España, los inicios de implantación de esta metodología pueden situarse hace unos años, obteniendo un poco de más desarrollo en el pasado año 2014, donde han surgido algunas asociaciones que intentan implantarla, como la Asociación BuildingSMART España, de la que se hablará más adelante.

3.2 INICIOS DEL PENSAMIENTO BIM.

Tal y como se adelantaba en el apartado anterior, en la actualidad se puede pensar que la tecnología BIM en el sector de la construcción es una metodología de trabajo reciente, pero los inicios en este pensamiento pueden observarse desde mediados del siglo XX, tiempo en el que ya se pensaba de esta forma, y se preveía que no tardaría en desarrollarse en el sector construcción. Quizá el primero de ellos fue el llevado a cabo por *Douglas C. Engelbart*⁵, que ya en 1962, en los inicios de la computación, nos da una visión extraordinaria del arquitecto del futuro en su escrito '*Augmenting Human Intellect: A conceptual framework*' (Aumentando el intelecto humano: un marco conceptual). En dicho escrito, podemos citar textualmente:

Texto original:

'...the architect next begins to enter a series of specifications and data -- a six-inch slab floor, twelve-inch concrete walls eight feet high within the excavation, and so on. When he has finished, the revised scene appears on the screen. A structure is taking shape. He examines it, adjusts it, pauses long enough... These lists grow into an evermore-detailed, interlinked structure, which represents the maturing thought behind the actual design...'

Traducción:

'...el arquitecto siguiente comienza a introducir una serie de especificaciones y datos - un piso de losa de seis pulgadas, doce pulgadas de muros de hormigón de ocho metros de altura dentro de la excavación, y así sucesivamente. Cuando ha terminado, la escena revisada aparece en la pantalla. Una estructura está tomando forma. Él la examina, la ajusta, se detiene el tiempo suficiente... Estas listas se convierten en una estructura interconectada cada vez más detallada, que representa el pensamiento de maduración detrás del diseño real...'

De esta forma, se puede observar como Engelbart en aquellos momentos ya sugería un diseño basado en objetos, manipulación paramétrica y una base de datos que lo relaciona todo en un modelo, y que a través de un ordenador, se iría formando y podríamos ir observando su creación en pantalla. Pero todo eso que avanzaba Engelbart eran en principio meros marcos conceptuales, que no podrían realizarse sin una interfaz gráfica a través de la que interactuar con el modelo de construcción. Sin

⁵ Analista e inventor estadounidense conocido por inventar el ratón, en 1964, y por ser pionero en la creación de un entorno informático interactivo. También creó uno de los primeros sistemas de edición en dos dimensiones, y fue el primero en demostrar el uso efectivo de mezcla de texto y gráficos de visualización en pantalla.

embargo, se pueden considerar estos pensamientos como los inicios en el desarrollo de la tecnología BIM, sirviendo de ayuda como bases conceptuales de los procesos BIM de la actualidad.

Un año más adelante, en 1963, Ivan Edward Sutherland⁶ desarrolla el sistema Sketchpad⁷, basado en su propia tesis doctoral "A Machines Graphics Communications System". Con ello establece las bases que conocemos hoy en día sobre los gráficos interactivos por ordenador. El Dr. Sutherland propuso la idea de utilizar un teclado y un lápiz óptico para seleccionar, situar y dibujar las imágenes representadas en pantalla, permitiendo a los usuarios dibujar puntos, segmentos de líneas y arcos circulares directamente en pantalla.

La mayor innovación fue la estructura de datos utilizada por Sutherland. Estaba basada en la topología del objeto que iba a representar, es decir, describía con toda exactitud las relaciones entre las diferentes partes que lo componían, introduciendo así, lo que se conoce como Programación Orientada a Objetos, muy diferente a todo lo conocido hasta el momento, puesto que antes de esto, las representaciones visuales de un objeto realizadas en el ordenador se habían basado en un dibujo y no en el objeto en sí mismo. Con el sistema de Sketchpad de Sutherland, se marcaba una clara diferencia entre el modelo representado en la estructura de datos y el dibujo que se veía en pantalla.

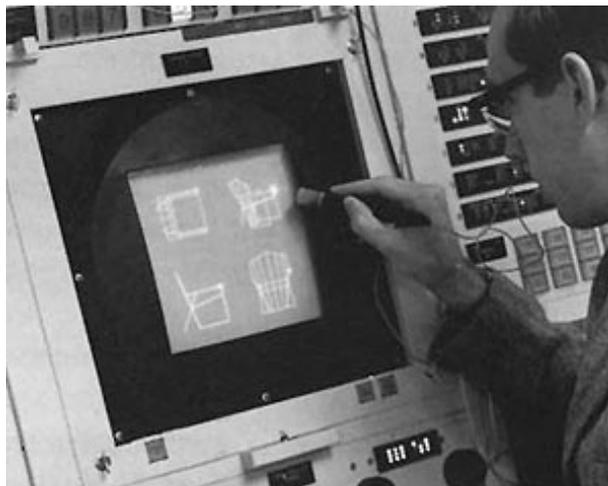


Fig. 1: Demostración del funcionamiento de SketchPad. Imagen extraída de un video de demostración del software SketchPad. (www.youtube.com/watch?v=USyoT_Ha_bA)

De esta forma, su trabajo en dicha tesis ayudó a establecer las bases del desarrollo de la interfaz gráfica de usuario tal y como la conocemos hoy en día, ya que introdujo conceptos como la interactividad, el diseño modular y el modelo orientado a objetos, que no influyeron solamente en la arquitectura, sino en la ingeniería general.

Es así como podemos situar en el tiempo los inicios del pensamiento BIM, metodología de trabajo con medio siglo de antigüedad y que actualmente podemos encontrar en un estado avanzado de desarrollo, pero que aún sigue avanzando.

⁶ Profesor, programador e informático americano considerado el creador de los gráficos de la computadora, introduciendo a lo largo de su vida conceptos como el modelado tridimensional de la computadora, simulaciones visuales, diseño automatizado (CAD), realidad virtual...

⁷ Sistema de comunicación gráfica hombre-máquina, que permitía la manipulación directa de objetos gráficos. Primer programa de dibujo por computadora.

3.3 ESQUEMA CRONOLÓGICO DE LA HISTORIA DEL BIM.

A continuación se presenta un esquema cronológico que resume la historia del BIM, resaltando algunos hitos que han sucedido desde sus inicios hasta la situación actual, principalmente en cuanto a aparición y desarrollo de las distintas plataformas BIM actuales. Cabe resaltar que la información recogida en el presente esquema ha sido consultada en el artículo *“Una Pequeña Historia del BIM”* (Martinez Montejano, 2015).



Esquema 1: Esquema cronológico de la historia del BIM. En el mismo puede observar el año de creación de la plataforma Allplan, empleada en la realización de este proyecto. (Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en el artículo (Martinez Montejano 2015))

3.4 ¿QUÉ ES BIM?

En cuanto a su significado literal, las iniciales BIM proceden del término inglés “Building Information Modeling”, que traducido al castellano podría definirse como “Modelado de la Información en la Edificación”. Estas siglas, como ya se avanzaba en la Introducción de este proyecto, hacen referencia a la metodología de trabajo que define un nuevo modelo de producción en el sector de la construcción. En el presente apartado se definirá el verdadero significado de este término, no solo en su sentido literal, sino en lo que significa dicho cambio en el modelo constructivo o en el proceso Proyecto-Construcción.

En primer lugar, se procederá a presentar una correcta definición de la metodología BIM, cosa que no es fácil, puesto que al tratarse de una metodología que está aún en desarrollo, existen infinidad de definiciones de la misma, dependiendo de la fuente consultada. Por ejemplo, en el glosario del manual “BIM Handbook”⁸ (Eastman 2011) se define BIM describiendo herramientas, procesos y tecnologías que están facilitadas por una documentación digital e inteligible por el ordenador acerca de la edificación, su desempeño, su planteamiento, su construcción y su posterior operación.

Sin embargo, de entre todas las definiciones consultadas, la explicación que ha sido seleccionada como la más completa, y la que se resaltarán en este documento es la que establece Begoña Fuentes en su libro “Impacto de BIM en el proceso constructivo español” (Fuentes Giner 2014). En este libro, la autora presenta a su vez varias definiciones realizadas por diferentes autores, definiendo el significado de BIM como una metodología de trabajo que consiste en la creación, gestión y almacenamiento de INFORMACIÓN sobre todas las propiedades o características de cada una de las partes de una construcción, como la suma de las partes y del edificio o construcción como entidad en sí misma, en una determinada ubicación y con un determinado entorno. Además, aclara la autora que cuando habla de las partes de la construcción, no solo se refiere a las geométricas o visuales, sino también a las relaciones entre dichas partes, las relaciones de las partes con el edificio o construcción y las propiedades del propio edificio o construcción.



Fig. 2: Fotomontaje de resumen de las disciplinas que intervienen en el BIM. En la misma se observa que con esta metodología se produce un trabajo coordinado y simultáneo entre propietarios, ingenieros, arquitectos, calculistas, constructores, etc. (Imagen extraída de la revista “Spanish Journal of BIM”, publicada por la asociación BuildingSMART España en 2015).

No obstante, la autora no presenta una única definición de BIM, sino que deja constancia de que dependiendo de la fuente consultada, Building Information Modeling puede ser:

⁸ Se trata de un manual para usuarios BIM titulado “BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling” y publicado por Eastman, Charles M. en 2011.

- Un metodología de trabajo, puesto que obliga a cambiar la forma en que desarrollábamos el PPC⁹ hasta este momento, variando los flujos de trabajo, facilitando el trabajo colaborativo y generando un sistema de información en sí mismo.
- Una tecnología, puesto que las exigencias en el uso de la información de BIM hace impensable su funcionamiento fuera del ámbito computacional y con herramientas de software que gestionen los datos e información.
- Un proceso, ya que consiste en la agregación de datos y gestión de la información significativa a lo largo del ciclo de vida del edificio.

Una vez expuestas estas definiciones, se aclara que para el presente proyecto se tomará BIM como una metodología de trabajo colaborativa tipo BIS¹⁰, cuya funcionalidad puede resumirse como la generación de una maqueta virtual del edificio, a la que se le añade toda la información del mismo, de forma que se trabaje en un solo repositorio o archivo, donde trabajan en equipo todos los agentes intervinientes en el proceso constructivo.

Además, otra de las principales ventajas del BIM es conseguir que la información esté coordinada y centralizada en un único repositorio, que será la maqueta virtual del edificio, cosa que es esencial para que el desarrollo del proyecto pueda llevarse a cabo por parte de múltiples usuarios, aunque se ocupen de disciplinas diferentes. Por consiguiente, con la tecnología BIM, diversos técnicos podrían trabajar en el mismo proyecto, teniendo la seguridad de que la información que uno actualice estará disponible automáticamente para el segundo. Aunque esto ya era posible conseguir con las aplicaciones de CAD convencionales, empleando los procedimientos adecuados, pero siempre y cuando haya pocos usuarios, porque cuando se desarrollan grandes proyectos, donde interviene un importante número de técnicos, empieza a ser muy complicado, ya que la diversidad de archivos hace que la administración del proyecto sea muy compleja, a no ser que se disponga de un software específico de asistencia. Sin embargo, con el empleo de la metodología BIM, se puede trabajar en distintas partes de la maqueta y por distintos técnicos de una forma sincronizada y con actualización inmediata de los cambios.

En comparación con el sistema tradicional CAD, es necesario resaltar que en BIM los objetos no son representaciones, sino entidades definidas según sus características, que después se generan y muestran a través de todo tipo de consultas (como plantas, secciones o axonometrías), haciendo que la maqueta tridimensional sea solo una de las ventajas que supone el empleo de dicha metodología de trabajo. Por otra parte, para que su modelado resulte controlable y rápido, estos componentes se definen como objetos paramétricos, haciendo que el diseñador ya no solo represente elementos arquitectónicos sino que además los maneja de acuerdo a sus especificaciones, siguiendo patrones más o menos flexibles, dependiendo de las prestaciones del software y de sus propias habilidades. De esta forma, puede definirse la metodología BIM como la elaboración de un modelo parametrizado del edificio, que recoge toda la información del mismo.

Otro aspecto importante de la tecnología BIM es la capacidad de cuantificar eficazmente los parámetros no formales de un edificio. Esto es aplicable para la extracción de mediciones de una forma directa, pero no solo de mediciones para realización de los presupuestos, sino también de otras

⁹ Proceso Proyecto-Construcción, en adelante PPC.

¹⁰ BIS hace referencia a "Building Information Systems", es decir, Sistemas de Información de la Edificación. Como se ha afirmado, la metodología BIM es una tecnología basada en estos sistemas de información.

cualidades como volúmenes de aire, recorridos de evacuación o consumo energético. Es importante reseñar que los procesos BIM tienen en cuenta el estudio completo del ciclo de vida de un edificio.

Además, una de las principales ventajas que supone este cambio metodológico es que con un modelo BIM se incluye la fase de diseño, la de producción y también la de mantenimiento y explotación. Así, sus futuros usuarios podrán acceder a información que les será útil para, por ejemplo, planificar el mantenimiento del edificio o para realizar la reparación de una instalación concreta. Por consiguiente, dicho modelo de información BIM no es solo un proyecto realizado para el diseño y construcción del edificio (como sucede con los sistemas tradicionales), sino que convive con el edificio durante toda su vida útil, actualizándose periódicamente. Esto hace que se haga especial atención al mantenimiento de los edificios, cuya gestión se simplifica bastante con esta tecnología, y que en el sistema tradicional se tenía un poco olvidado. Este último aspecto es el que ha llevado a la elaboración de este proyecto de investigación.

En cuanto a las numerosas ventajas o diferencias que esta metodología aporta con respecto al sistema tradicional, cabe resaltar una diferencia clara entre ambos, que consiste en el importante cambio en la forma de trabajar. En el sistema tradicional se trabajaba sobre planos, siendo necesarios innumerables archivos, sin embargo, con los procesos BIM ya no se trabaja sobre planos, sino sobre la maqueta virtual tridimensional, a la que puede accederse a través de plantas, secciones, alzados, etc, que son las llamadas vistas asociativas del modelo. De esta forma, los planos se van generando automáticamente y actualizándose con cada uno de los cambios que se realicen en la maqueta. Por tanto, esta es una ventaja fabulosa, y que proporciona unos ahorros de tiempo extraordinarios, puesto que una de las cosas que genera más pérdidas de tiempo en la elaboración de proyectos con el sistema tradicional es la necesidad de actualizar cada uno de los planos con cualquier pequeño cambio que se pretenda realizar. Además, el tiempo se traduce en dinero, por lo que ya solo con esta ventaja citada se está comenzando a tener ahorro económico.

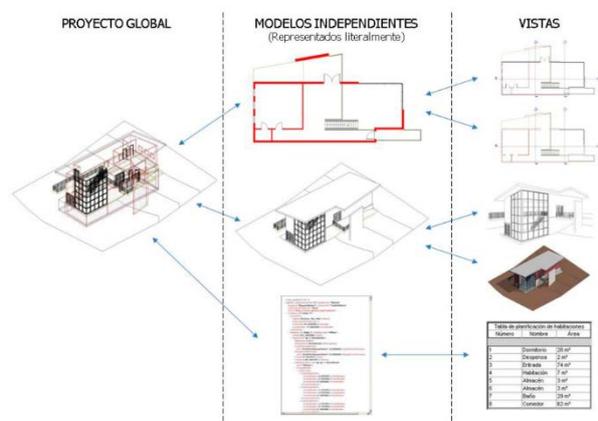


Fig. 3: Animación que resume gráficamente el método de trabajo en procesos BIM. (Eloi Coloma Picó, 2008).

Finalmente, se procederá a aclarar todo lo especificado mediante un ejemplo gráfico utilizado por la asociación BuildingSMART en su artículo *“Construing the business case”* (BuildingSMART Spanish Chapter 2010). Este ejemplo consiste en la comparación de ambas metodologías suponiendo que se tuviese que diseñar una taza. De tal forma, en el sistema CAD la información no estructurada nos conducirá a poder dibujar el objeto, aunque no nos permitirá pasar la información a través de todos los participantes del proyecto, ya que no contienen la información completa del objeto, pudiendo llevar a que una pequeña modificación conduzca a la pérdida de las propiedades de la taza. Sin embargo, en

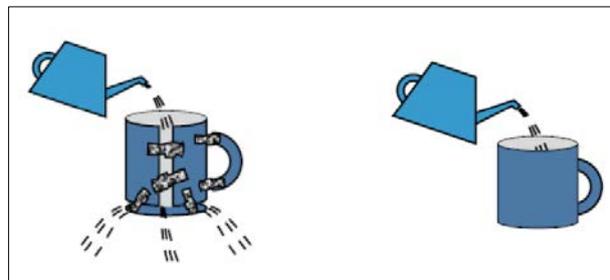


Fig. 4: A la izquierda simplificación del tratamiento de objetos con programas CAD. A la derecha simplificación del tratamiento con programas BIM. ((BuildingSMART Spanish Chapter 2010).

el caso del trabajo con BIM, al tratar la información de un modo estructurado y no como un objeto, se podrá modificar por otros colaboradores sin que el vaso pierda sus propiedades inherentes. En la Fig. 4 se puede observar el resultado que se obtendría, en forma de animación.

3.5 PANORAMA INTERNACIONAL EN EL USO DE TECNOLOGÍA BIM.

A nivel mundial, la adopción de BIM se ha desarrollado bastante en las dos últimas décadas, aunque no el mismo grado dependiendo del país, y no en todos los países, por supuesto. De esta forma, a continuación se realizará un resumen del marco internacional en lo que respecta a la implantación de la metodología BIM, aplicando los datos obtenidos en el número 14 de la revista *"Spanish Journal of BIM"*, publicada en 2014 por la Asociación BuildingSMART España, de la que se hablará más adelante.

Por consiguiente, a continuación se mostrarán algunos datos de las principales potencias actuales en el uso de BIM:

- Estados Unidos.

Desde 2007, la General Services Administration (en adelante GSA) requiere al menos la definición geométrica y espacial de los proyectos de construcción que gestiona, en formato BIM. Desde 2008, el USADE "Cuerpo de Ingenieros de la Armada", adoptó BIM como requerimiento básico en sus proyectos de nueva construcción. Otras organizaciones institucionales públicas, como por ejemplo, La Guardia Costera, también requieren que los proyectos que promueven y financian para alojar sus instalaciones se presenten en un formato BIM. Además, la GSA también ha desarrollado directrices BIM, y fomenta el uso de BIM en el sector público.

- Noruega.

La Dirección de Obras Públicas y de la Propiedad del Gobierno Noruego exige su uso en todos los edificios. BIM es imprescindible para las principales infraestructuras y para todos los edificios gubernamentales. Incluso se enseña en las escuelas y universidades.

- Finlandia.

La Agencia de servicios de las propiedades del Senado en Finlandia ha solicitado de manera similar a Noruega el uso de BIM en todos sus proyectos. Además, muchos profesionales denominan este país como el que tiene una penetración de BIM más avanzada. El país cuenta con una larga historia de confianza en estándares abiertos.

- Dinamarca.

Varios clientes estatales también están solicitando BIM.

- Países Bajos.

La agencia de los Edificios del Gobierno dispone el uso de BIM, que es apoyada por el estándar *Rgd BIMnorm*, norma producida por una agencia del país.

- Hong Kong.

La Autoridad de la Vivienda de Hong Kong tiene el objetivo de usar BIM en todos los proyectos para el presente año 2015.

- Corea del Sur.

El Servicio de Contratación Pública de Corea del Sur asume el objetivo de usar BIM en todos los proyectos públicos, y en todos los proyectos de más de 50 millones de dólares para el 2016.

- Reino Unido.

En Junio de 2011, el gobierno del Reino Unido publicó 'Building Information Modeling (BIM) Working Party Strategy', donde anunciaba su intención de requerir BIM en todos los proyectos de construcción a partir del año 2016. De esta forma el gobierno requiere el que ha denominado Nivel 2 de BIM en sus proyectos a partir de 2016.

No obstante, según datos publicados por BuildingSMART España, se puede afirmar que el primer sistema a nivel mundial que utiliza los modelos de información de la construcción en la presentación electrónica de los proyectos fue propuesto por la Autoridad de la Edificación y la Construcción de Singapur, en el año 2008. La finalidad del sistema era agilizar el proceso de registro de la presentación de un proyecto, y se basaba en un modelo único que contiene toda la información necesaria. Ese mismo año, Estados Unidos, Noruega, Finlandia, Dinamarca y los Países Bajos firmaron el denominado "*Statement of intent to support Building Information Modeling with Open Standards*" con el objetivo de impulsar el openBIM y mejorar los procesos de interoperabilidad entre las plataformas BIM.

En Europa, la última revisión de la Directiva de la Unión Europea sobre Contratación Pública (EUPPD) quiere incorporar la metodología BIM, tomando como referencia a Reino Unido, que se encuentra creando un modelo para que otros miembros de la UE puedan adoptar estos nuevos procesos. Sin embargo, dicha Directiva en ningún momento habla de una implantación obligatoria de esta metodología, ni siquiera nombra la metodología BIM como tal, sino que hace una recomendación a las administraciones públicas de cada país para que promuevan el uso de tecnologías de información para la gestión de proyectos de construcción públicos, generando igualmente un importante avance en la implantación de este nuevo modelo de proceso constructivo.

En España, sin embargo, no se han desarrollado aún estrategias gubernamentales en este ámbito, por lo que tenemos mucho camino por recorrer. Tal y como señala el Instituto Tecnológico de la Construcción (AIDICO 2012), la tecnología BIM está muy extendida en otros países, por lo que es de vital importancia su implantación en España, si se quiere competir con los mismos. No obstante, aunque aún no se tiene el apoyo gubernamental, ya desde finales de 2012 se han comenzado a desarrollar los primeros encuentros profesionales. En mayo de 2013 se celebró el primer congreso científico centrado en esta tecnología, que ha continuado con su segunda edición en 2014, y se prevé que lo haga igualmente en el presente 2015. Además, se tiene constancia de la creación de algunas asociaciones que intentan llevar a cabo esta implantación, como puede destacarse la Asociación Building Smart. Además, la Asociación AENOR también está colaborando con la elaboración de una normativa ISO relacionada con esta tecnología.

Por último, cabe decir que en España pueden localizarse ya algunas empresas o estudios privados que han tenido que implantar la tecnología BIM en sus metodologías de trabajo, debido a la necesidad de optar por licitaciones internacionales, para mantener su actividad productiva.

3.6 ASOCIACIÓN BUILDING SMART.

BuildingSMART Spanish Chapter es una asociación sin ánimo de lucro que ha sido creada en España a partir de la Asociación Buildingsmart Internacional (BSI), la cual tiene secciones regionales en Europa, América del Norte, Australia, Asia y el Medio Oriente, siendo impulsada en la mayoría de los países por los gobiernos, para la implantación de la metodología BIM en sus modelos de procesos constructivos.

Se trata de una asociación cuyo objetivo principal es fomentar la eficacia en el sector de la construcción a través del uso de estándares abiertos de interoperabilidad sobre **BIM (Building Information Modeling)** para alcanzar nuevos niveles en reducción de costes y tiempos de ejecución, generando un aumento de la calidad en el sector.

La Asociación está formada por todos los agentes del sector de la construcción: Promotores/Inversores, Constructoras, Ingenierías, Estudios de Arquitectura, Desarrolladores de Software, Facility y Project Managers, Centros de Investigación, Fabricantes de Productos y Materiales, Universidades y Administraciones Públicas.

En cuanto a objetivos, la asociación comparte los que promueve su madre, la asociación BuildingSMART Internacional, entre los que pueden citarse los siguientes:

- Desarrollar y mantener estándares BIM internacionales, abiertos y neutros (Open BIM).
- Acelerar la interoperabilidad en el sector de la construcción mediante casos de éxito.
- Proporcionar especificaciones, documentación y guías de referencia.
- Identificar y resolver los problemas que impiden el intercambio de información.
- Extender el uso de esta tecnología y los procesos asociados a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio y englobando a todos los agentes participantes.

De esta forma, la asociación está llevando a cabo un plan de acción en el que desarrollan iniciativas en España para facilitar la implantación del nuevo modelo de proceso constructivo, mediante la realización de eventos, publicación de revista científica, creación de estándares abiertos, manuales y protocolos, etc.

Actualmente, la principal y más importante aportación de ésta ha sido la creación de las llamadas Guías uBIM 2014, que serán explicadas en el siguiente apartado de este documento.

No obstante, también cabe destacar la publicación de su revista "*Spanish Journal of BIM*", que nace en el seno de BuildingSMART Spanish Chapter, con el propósito principal de divulgar las investigaciones que cualquier persona, grupo de personas o entidad de cualquier tipo realice sobre la base del uso de la tecnología BIM en lengua española, lo cual supone un avance extraordinario para el conocimiento de esta metodología a nivel nacional. Por consiguiente, esta revista pretende convertirse en la voz en castellano de la investigación en BIM, divulgando las ventajas que dicho sistema ofrece a los agentes



Fig. 5: Logo de la Asociación BuildingSMART Spanish Chapter. (Imagen obtenida de la página web de la asociación: www.buildingsmart.es)

de la construcción, facilitando la búsqueda de información científica al respecto, fomentando la eficacia en el sector de la construcción y, sobre todo, acelerando la penetración del BIM en España y Latinoamérica.

3.6.1 Guías uBIM 2014.

La asociación buildingSMART Spanish Chapter trabaja para la promoción del BIM a través de estándares abiertos. Por ello, en el marco del congreso EUBIM 2013 se planteó una iniciativa de estandarización denominada uBIM cuyo objetivo inicial era el desarrollo de una guía en español para usuarios BIM, iniciativa que han cumplido mediante la publicación de las Guías uBIM, publicadas en 2014.

Esta guía es una adaptación del COBIM finlandés (Common BIM Requirements 2012) elaborado por el BuildingSMART Finland en el año 2012, el cual ha sido adaptado a la casuística de España, atendiendo a las normativas y estándares vigentes, mediante un equipo redactor multidisciplinar integrado por expertos en cada uno de los capítulos tratados.

El objetivo de dicho documento es el de poder disponer de una guía estándar de fácil adaptación y en constante evolución con el fin de aglutinar y coordinar a todas las disciplinas implicadas en la confección de modelados BIM con garantías de precisión adecuadas para su uso efectivo en el sector.

El desarrollo de dicha guía se ha llevado a cabo de forma colaborativa, contando con la participación desinteresada de alrededor de 80 profesionales independientes.

Esta guía de usuarios BIM está compuesta por 13 documentos, que recogen todas las nociones teóricas para abordar cualquier capítulo del sector mediante dicha tecnología. A continuación se plantea un listado de los documentos que componen esta iniciativa:

- Documento 1: Parte General.
- Documento 2: Modelado de Estado Actual.
- Documento 3: Diseño Arquitectónico.
- Documento 4: Diseño de Instalaciones MEP.
- Documento 5: Diseño Estructural.
- Documento 6: Aseguramiento de la Calidad.
- Documento 7: Mediciones en BIM.
- Documento 8: Uso de modelos para visualizaciones.
- Documento 9: Análisis de las instalaciones.
- Documento 10: Análisis Energético.
- Documento 11: Gestión de un Proyecto BIM.
- Documento 12: BIM para Mantenimiento y Operaciones.
- Documento 13: Uso de modelos en la fase de construcción.



Fig. 6: Portada tipo de las Guías uBIM 2014. En este caso del Documento 1: Parte General. (Extraída del documento)

3.7 NIVELES DE DESARROLLO DE UN MODELO BIM. LEVEL OF DEVELOPMENT SPECIFICATION.

Se comenzará este apartado recordando que un modelo siempre es una abstracción de la realidad, y que el carácter y nivel de detalle que este requiere dependerá del propósito o empleabilidad que quiera darse al proyecto, así como del nivel de entendimiento de quien va a visualizarlo (Kymmell 2008).

De esta forma, y como ya se introducía en el primer apartado de este documento, el modelo requerirá un mayor o menor contenido de información dependiendo del fin para el que se elabora. Además, también se asocian las distintas etapas de desarrollo de un proyecto a distintos grados de contenido de información, por lo que hay que estar siempre muy bien situado en la etapa que nos compete en el momento del modelado.

Por consiguiente, para la delimitación de los niveles de información del modelo se emplea una clasificación de los llamados Niveles de Desarrollo LOD (Level of Development). Sin embargo, estos niveles proceden de los primitivos Niveles de Detalle (Level of Detail – LoD-), que fueron creados por la empresa “Vico Software”, debido a que le era necesario para desarrollar su software de mediciones y presupuestos utilizando la metodología BIM. (Fig. 8). Estos niveles de detalle hacen referencia a la cantidad de información que se proporciona con el modelo virtual, es decir, es una medida de cantidad, no de calidad.

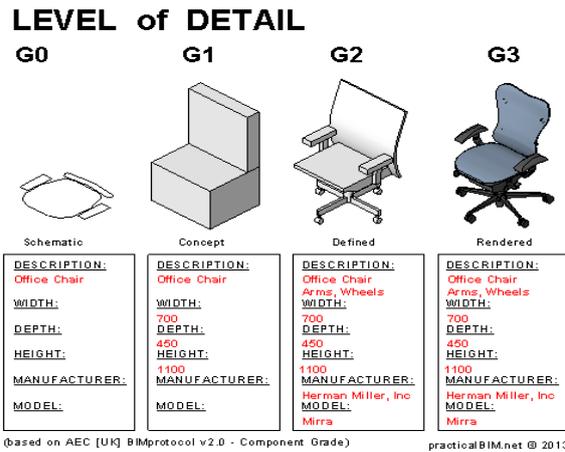


Fig. 7: Niveles de detalle de la información contenida en el modelo “silla de oficina”, en función de la cantidad de información. (Imagen obtenida del libro “Impacto del BIM en el proceso constructivo español” (Fuentes Giner 2014))

Sin embargo, el AIA (American Institute of Architects) decidió que este sistema de niveles de detalle era una buena opción para valorar tanto la cantidad como la calidad de la información contenida en un modelo BIM, cambiando su terminología por Nivel de Desarrollo (Level of Development –LOD-). Este cambio consiste en hacer que estos niveles valoren para qué sirve la información contenida en el modelo, en vez de la cantidad de información en el mismo, por lo que dejan de ser un medidor de cantidad para convertirse en niveles de calidad o precisión del modelo. Para ello, la AIA publicó la definición exacta de lo que conlleva cada nivel, recogido en el documento “Level of Development Specification”, cuya última actualización fue publicada en agosto de 2013. En este documento se define lo que tiene que contener un modelo para adquirir cada uno de los Niveles de Desarrollo, así como los componentes que tienen que contener cada uno de los elementos constructivos que componen el modelo.

Finalmente, a modo de resumen de lo recogido en el mencionado documento publicado por la AIA, cabe exponer que se cuenta con cinco niveles LOD principales, que van desde LOD 100 hasta LOD 500. No obstante, se pueden encontrar algunos niveles intermedios entre los mismos, como pueden ser LOD 350 o LOD 450. Por consiguiente, se procederá a continuación a la delimitación de dichos niveles principales LOD, que también pueden observarse gráficamente en la Fig. 8, analizando los niveles de desarrollo en la misma silla que anteriormente se definía mediante los antiguos niveles de detalle (“Level of Detail”).

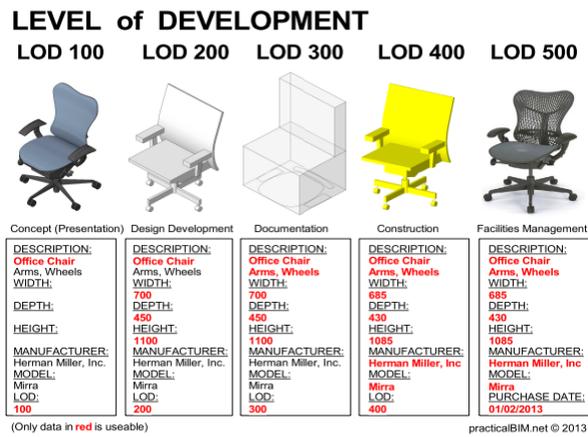


Fig. 8: Niveles de desarrollo en el modelo anteriormente analizado “silla de oficina”, en función de la calidad de la información requerida. (Imagen obtenida del libro “Impacto del BIM en el proceso constructivo español” (Fuentes Giner 2014))

De este modo, se pueden definir los niveles principales LOD del siguiente modo:

- **LOD 100:** Es un diseño meramente conceptual. El modelo aportará una visión general. Básicamente su área, altura, volumen, localización y orientación. El AIA autoriza su uso para consideraciones del rendimiento general del edificio donde solo sea necesario su volumen, cálculo de costes basados en superficie total o técnicas similares de aproximación y una programación estimada de tiempo de ejecución global.
- **LOD 200:** Aporta una visión general con magnitudes. Los elementos del modelo son sistemas o montajes genéricos, con cantidades aproximadas de tamaño, forma localización y orientación. También se puede adicionar información no geométrica. La utilización de su información será igual que el nivel 100 salvo que en la programación temporal se puede realizar una división en los capítulos más importantes que componen el edificio.
- **LOD 300:** Aporta información y geometría precisa, pendiente de algún detalle constructivo no completo. Este nivel de información permite generar los documentos convencionales que componen un proyecto, toda su justificación técnica y normativa, el presupuesto estimado de ejecución material y la programación inicial por unidades de obra.
- **LOD 400:** Contiene el detalle necesario para la fabricación o construcción y el nivel de mediciones es exacto. Además de la información incluida en los anteriores niveles de desarrollo, en este nivel debe aparecer explícitamente toda la información necesaria sobre la fabricación, montaje, ensamblaje y detalles necesarios para la construcción del edificio. La información que contienen cada uno de los elementos del modelo se consideran representaciones virtuales de la realidad que va a ser construida. El presupuesto y programación temporal han reducido el grado de incertidumbre al máximo, dada la exactitud y calidad de la información contenida.
- **LOD 500:** El último nivel de desarrollo representa el proyecto una vez construido, con las posibles modificaciones que haya podido sufrir durante su construcción, o cuando se trate de un edificio ya construido que se pretende modelar. Es decir, consisten en lo que actualmente se conoce con el término de documentación “as-built”. Es el nivel de modelo que se necesita para una correcta gestión de Facility Management, para la fase de explotación del edificio, que lo acompañará

durante toda su vida útil, recogiendo cada una de las modificaciones que pudieran generarse en el inmueble.

3.8 DIMENSIONES DEL BIM.

El proceso integrado BIM abarca muchos campos de trabajo convencionales (estructura, instalaciones, arquitectura...), pero además, no solo abarca la definición geométrica y constructiva de los capítulos que configuran el edificio, sino que el BIM abarca otros campos del proceso constructivo como son los costes, la programación, la certificación energética, etc. De esta forma, la metodología de trabajo BIM puede ser clasificada por las llamadas dimensiones del BIM, las seis "D"(Fuentes Giner 2014), a las que se hará referencia a la hora de delimitar el campo de trabajo de este proyecto, pero cuya descripción se llevará a cabo en este apartado.

La integración de la información en el modelo, la interoperabilidad entre las aplicaciones BIM y la mecanización de tareas repetitivas predefinidas, gracias a la parametrización, permiten elaborar una mejor documentación del proyecto, y por tanto, las mayores posibilidades de obtener un mejor producto al final del proceso. Por consiguiente, con la metodología BIM pueden abarcarse todas las fases por las que pasa el proyecto en el proceso constructivo, distinguiendo las siguientes dimensiones:

3.8.1 Dimensión plana - BIM 2D.

Consiste en la posibilidad de obtener la planimetría formal del edificio, para documentarlo y para posteriores utilidades en obra o cualquier uso para el que sean necesarios. Además, también hace referencia a la posibilidad de las aplicaciones BIM de representar elementos en 2D, lo cual puede requerirse para la definición de detalles constructivos o pequeños proyectos que quieran realizarse en dos dimensiones.

3.8.2 Dimensión tridimensional - BIM 3D.

Se fundamenta en la generación de una maqueta virtual tridimensional del edificio donde queden todos los elementos modelados en la situación correcta, con su geometría real y con definición concreta de los mismos. Además esta opción hace posible otros aspectos, como la generación de infografías e imágenes fotorrealistas del edificio antes de su construcción, etc.

Además, esta maqueta podrá ser exportada a programas de cálculos, que generarían los cálculos de estructuras o de instalaciones, entre otros.

3.8.3 Análisis de la programación temporal - BIM 4D.

Reside en la posibilidad de asignar tiempos al modelo, pudiendo generar la programación de obra y exportarla a softwares específicos de programación. Éste es un aspecto que facilita enormemente el trabajo al Project Manager y al Jefe de obra.

3.8.4 Incorporación de costes/presupuestos - BIM 5D.

Esta dimensión hace referencia a la incorporación de partidas al modelo, generando la posibilidad de obtener una medición exacta y de una forma directa, que es una de las principales ventajas que ofrece esta nueva metodología de trabajo. Además, dicha medición puede ser exportada a softwares específicos de presupuestos, que leerán la información y crearán un presupuesto de forma inmediata, teniendo únicamente que asignar los costes a cada una de las partidas. No obstante, puede incluso ahorrarse esta introducción de costes manual utilizando alguna base de precios, como podría ser, por ejemplo, el Banco de Costes de Andalucía (BBCCA), o empleando el generador de precios de Arquímedes. Ambas posibilidades están ya perfectamente preparadas para leer información de medición extraídas de modelos BIM.

3.8.5 Certificaciones energéticas. Sostenibilidad - BIM 6D.

También puede emplearse el modelo para abordar proyectos sostenibles, pudiendo generar certificaciones energéticas, cálculos de impacto ambiental, etc. Esto se hace posible con el empleo de herramientas específicas, a las que se puede exportar la maqueta generada, con toda la información del edificio.

Por último, a estas seis dimensiones del BIM, se le puede añadir una séptima dimensión, consistente en el mantenimiento y operaciones de los edificios durante su ciclo de vida, que es a la que se opta con la realización de este proyecto, y consistiría en lo siguiente:

3.8.6 Gestión del ciclo de vida. Mantenimiento y operaciones - BIM 7D.

Cuando hablamos del ciclo de vida de un edificio debemos tener en cuenta que este abarca desde su concepción hasta su demolición. Así pues, el nuevo concepto de modelo de información que BIM quiere asumir ha de ser coherente con este ciclo. La forma tradicional de trabajo en la industria AEC de España consistía en crear un modelo para la fase de concepción y construcción, y que solamente los técnicos podían tener acceso o que solo ellos podían interpretar. En España incluso el concepto de planos “as built” es relativamente reciente.

Sin embargo, con la implantación de la metodología BIM en el proceso constructivo, una vez que el proyecto se construye se realizará un modelo BIM “as-built”, que recogerá todo lo construido, exactamente como se dispone en la realidad. Además, esto es equiparable al levantamiento de edificios existentes, aunque el esfuerzo a realizar es extremadamente superior en estos casos, pero igualmente puede ser rentable en algunos edificios, como puede ser en propiedades importantes de diversas instituciones, donde el mantenimiento es esencial. Esto es precisamente lo que se pretenderá en la realización de este proyecto de investigación.

De este modo, mediante los procesos BIM, es posible gestionar esta séptima dimensión, es decir, gestionar el aprovechamiento y mantenimiento de los edificios una vez construidos, mediante una completa base de datos 3D que acompañará al edificio en todo momento y que estará a disposición de los usuarios del mismo, actualizándose con las modificaciones que el mismo sufra durante su explotación.

3.9 LA ESTANDARIZACIÓN EN BIM. FORMATO IFC.

Debido a la existencia de un gran número de aplicaciones o herramientas que confluyen en este nuevo modelo de proceso constructivo, donde la tecnología es un aspecto imprescindible, es necesario recurrir a una correcta estandarización de los procesos, de forma que se haga posible la operatividad y conectividad entre todos los programas que giran alrededor del BIM. Además, cuando hablamos de todos los programas del entorno BIM no nos referimos únicamente a las diversas plataformas BIM, sino también al resto de programas específicos que intervienen en el proceso, como son los programas de cálculos de estructuras, de cálculo de instalaciones, de certificación energética, etc., que deben leer los modelos que resultan de las plataformas de diseño BIM.

Por consiguiente, en 1994 nació el estándar IFC, cuyas siglas provienen del término inglés “Industry Foundation Classes”. Se trata de un estándar informático para la compartición e intercambio de datos de un edificio, consistiendo en un formato de datos de especificación abierta. Fue desarrollado por la IAI (“*International Alliance for Interoperability*”), predecesora de la actual *BuildingSMART*, con el propósito de convertirse en un estándar que facilite la interoperabilidad entre los programas del sector de la construcción.

De esta forma, el formato IFC se ha establecido como el marco de referencia para almacenamiento y definición de los datos básicos de los modelos de los edificios, que deben conservarse y compartirse entre las diversas aplicaciones mediante dicho estándar.

En cuanto a lo que consiste verdaderamente este estándar, se puede decir que es un formato abierto, que permite, con un único lenguaje, el intercambio y compartición del conjunto de datos fundamentales entre aplicaciones desarrolladas por distintos fabricantes de software, lo que evita que los datos almacenados en la aplicación nativa no puedan ser compartidos con otros programas. Además, IFC no es un lenguaje de programación ni pertenece a un único fabricante de software, sino que es neutral e independiente, de manera que cada fabricante puede hacer compatible su software con IFC. Con ello, la información generada por su aplicación podrá ser compartida con otros programas de otros fabricantes, al menos en un sentido teórico, puesto que si se pone a prueba se observa que este estándar tiene aún mucho camino por recorrer, presentando por ahora algunos errores y pérdidas de datos al intercambiar modelos entre aplicaciones. No obstante, se sabe que este es un formato que se encuentra aún en desarrollo, por lo que poco a poco conseguirá cumplir su objetivo de forma total.

3.10 FACILITY MANAGEMENT EN EL ENTORNO BIM.

Con la tecnología BIM existe la gran ventaja de facilitar las gestiones de explotación de un edificio una vez construido, mediante su séptima dimensión (BIM-7D), referente a la gestión del ciclo de vida del edificio. Dicha posibilidad hace que el modelo BIM de Estado Actual de un edificio sea de un interés extraordinario en la disciplina del Facility Management, cuya definición se describirá a continuación en el presente apartado.

3.10.1 Introducción al Facility Management.

Facility Management (en adelante FM) es una disciplina relativamente nueva que engloba diversas áreas para asegurar y gestionar el mejor funcionamiento de los inmuebles y sus servicios asociados, mediante la integración de personas, espacios, procesos y tecnologías propias de los inmuebles (Javier Alonso 2013). Es un modelo de gestión de los de las empresas que tienen como objetivo la adecuación

permanente de los facilities (activos o recursos inmobiliarios) a la organización y al equipo humano de las compañías al menor coste posible, mediante la integración de todas las responsabilidades de gestión.

Según la normativa Europea en Facility Management 15221/1, es una disciplina que se define como "la gestión de inmuebles y servicios soporte, prestando su experiencia para actuar de una manera dinámica y cumplir con todos los requisitos de explotación de los edificios". Esta gestión se realiza igualmente para optimizar los costes y el funcionamiento tanto de los inmuebles como de los servicios (Asociación Internacional de Mantenimiento IFMA 2013).

No obstante, en la actualidad pueden encontrarse numerosas definiciones de esta disciplina, entre las que se puede resaltar, por ejemplo, la definición realizada por la Sociedad Española de Facility Management (SEFM). Esta organización define el Facility Management como un modelo de gestión de los recursos inmobiliarios de las empresas que tiene como objetivo la adecuación permanente de estos a la organización y equipo humano de las compañías al menor coste posible, mediante la integración de todas las responsabilidades de gestión sobre dichos recursos en la figura del Facility Manager.

3.10.2 Aplicación de la tecnología BIM en operaciones de Facility Management.

Actualmente, para las gestiones de FM se emplean numerosos software o aplicaciones, tradicionalmente basados en hojas de cálculo y aplicaciones de recopilación de planimetría en 2D. Pero dichos sistemas de gestión no son capaces de soportar las crecientes responsabilidades de las propiedades inmobiliarias y el control de las instalaciones de las mismas. Por ello, la implantación del nuevo proceso constructivo definido por la tecnología BIM incorpora una ventaja importante en la correcta gestión de la explotación de edificios durante su ciclo de vida.

El modelo BIM provee una fuente de información (gráfica y de especificaciones) para todos los sistemas instalados en el edificio. La integración en el modelo del equipamiento mecánico necesario, sistemas de control y otros elementos necesarios para comprobar el rendimiento del edificio una vez puesto en servicio pueden permitir, a lo largo del ciclo de vida, el correcto funcionamiento del conjunto y la toma de decisiones para el mantenimiento y mejora de los distintos sistemas o soluciones (Fuentes Giner 2014).

Así, un modelo BIM que ha sido actualizado con todos los cambios realizados durante la construcción, o que ha sido generado posteriormente para su empleabilidad durante su explotación (Modelo BIM de Estado Actual), aporta información exacta y confiable del edificio terminado y puesto en servicio. Por consiguiente, el Facilities Manager, en vez de tener que partir de cero para recabar la información y documentación del edificio tal y como se encuentra en el momento correspondiente, parte de un modelo real, completo y con información y conocimiento asociado que le permite empezar su gestión. Además, BIM admite la monitorización en tiempo real del funcionamiento de los sistemas del edificio en servicio, sus elementos de control, la integración de la lectura de los sensores dispuestos y la gestión por control remoto de las instalaciones existentes. No obstante, esta es un área que aún se encuentra en desarrollo, pero que es perfectamente integrable en un modelo BIM. (Fuentes Giner 2014).

3.10.3 Nuevos perfiles profesionales relacionados con BIM Management.

Con la incorporación de la tecnología BIM en el proceso constructivo, es inevitable la necesidad de un personal cualificado, lo que desemboca en la aparición de notables perfiles profesionales en torno al área del BIM Management. Por consiguiente, surgen nuevos perfiles multidisciplinares, técnicos y de gestión, orientados al trabajo colaborativo en los proyectos BIM, y capaces de adaptarse al cambio. Como es lógico, muchos de estos roles suelen llevarse a cabo por las mismas personas en pequeños proyectos, pero en grandes proyectos se suelen repartir entre diversas personas, que puede pertenecer incluso a diferentes compañías o empresas. (Universitat Politècnica de Catalunya, 2014).

De este modo, los nuevos perfiles profesionales que surgen con la aparición del concepto BIM Management son los siguientes:

- **BIM Director:**

Responsable de marcar las directivas de implementación BIM a medio y largo plazo. Juega un papel fundamental en empresas donde ya se ha implementado BIM y desean hacerlo crecer desde un punto de vista estratégico. Requiere un conocimiento general del BIM y, especialmente, de las tendencias que este sigue, para proporcionar organización entre equipos heterogéneos e implementar innovación en las organizaciones.

- **BIM Manager:**

Responsable de coordinar los diferentes equipos BIM que trabajan en un proyecto y de establecer las condiciones de contorno que deben asegurar que su trabajo sea compatible entre sí. Requiere conocimientos relativos al Project Management y a los protocolos de interoperabilidad entre plataformas, así como las posibilidades reales de cada una de ellas de alcanzarlos.

- **BIM Coordinator:**

Coordina el trabajo dentro de una misma disciplina a fin de que se cumplan los requerimientos acordados con el BIM Manager. Debe tener conocimientos específicos sobre las herramientas que se manejan en su organización a fin de poderlas usar como herramientas de coordinación. Se encarga también de que los modelos tengan la tipología adecuada para que puedan ser fácilmente procesados por el resto de agentes intervinientes.

- **Information Manager:**

Define los procesos de intercambio de información entre las partes, así como su formato y su alcance. Debe tener conocimientos acerca de los distintos protocolos que existen para el intercambio de información a fin de poder implementarlos en los flujos de intercambio que se dan en el BIM.

- **BIM Designer:**

Usuario de BIM como herramienta de diseño a fin de desarrollar las actividades propias de su disciplina. A parte de los conocimientos relativos a su especialidad profesional, debe formarse en el uso de soluciones de software específicas para su desarrollo.

- **BIM Modeller:**

Modela aquellos usos del BIM que no requiere esfuerzo de diseño, como son la creación de modelos BIM para la coordinación de proyectos desarrollados con CAD o la ejecución de tareas concretas, como son la secuenciación de las fases de construcción. Según su especialización, puede adquirir nombres diferentes como el de Cost Modeler, aplicable al encargado de gestionar la obtención de mediciones y presupuestos a partir del modelo BIM.

- **BIM Analyst:**

Desarrolla análisis y simulaciones basadas en modelos BIM usando herramientas específicas para ello. Sus ámbitos de actuación van desde el análisis del comportamiento energético hasta el control de costes, pasando por la simulación de circulaciones.

- **BIM Expert:**

Acostumbra a actuar como asesor en implementaciones BIM innovadoras. Puede tener un perfil especializado en una disciplina en concreto, pero normalmente se trata de un profesional con experiencia en el desarrollo de procesos de innovación tecnológica que es capaz de aplicar sus conocimientos para desarrollar un uso BIM nuevo.

- **BIM Developer:**

Programador especializado en desarrollar funciones especiales que no están disponibles en las soluciones de software estándar. Es un perfil muy demandado en las organizaciones con cierto nivel de implementación BIM que desean extraer un mayor rendimiento de las herramientas que usan. Estará siempre dirigido por un BIM Director a fin de que el alcance de las funcionalidades que implemente sea el adecuado.

- **IFC Specialist:**

Especialista en el formato IFC y en como mapear en ellos el contenido de los modelos, así como en asegurar la calidad de los entregables facilitados en este formato. Trabaja con el BIM Coordinator a fin de conseguir que esto sea posible y atendiendo a los requerimientos marcados por el BIM Manager.

- **BIM Facilitator:**

Es el encargado de asistir a otros profesionales que no están familiarizados con el uso de herramientas BIM, para que sean capaces de extraer información de modelos de información. Esta tarea suele conllevar la preparación de los modelos para que puedan ser visualizados cómodamente in-situ por parte de jefes de obra, promotores, directivos, etc.

Como anotación a la clasificación de perfiles profesionales que se aporta, cabe afirmar que dicha información ha sido obtenida de un documento generado por la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), en cuya oferta formativa se incorpora ya un posgrado referente al BIM Management.

4. HIPÓTESIS DE PARTIDA.

Para la elaboración de este proyecto se ha partido de una primera premisa consistente en la consideración de la tecnología BIM como una herramienta adecuada para la elaboración de una documentación de estado actual de un edificio existente. En este caso, Edificio de Laboratorios de la E.T.S.I.E. Campus Universitario Reina Mercedes.

En lo que compete al caso planteado, la documentación de estado actual que se persigue consiste en la propia maqueta o modelo virtual y la planimetría 2D que se obtendrá de la misma, por lo que esta hipótesis anteriormente mencionada genera a su vez otras dos. Por un lado será necesario imponer la presunción de que verdaderamente se puede gestionar a través del modelo virtual la definición completa del edificio, asignándole la información correspondiente a la propia maqueta virtual y actuando dicho modelo como lo que define el nombre de esta tecnología, es decir, como un *“Modelo de Información Constructiva”*, y no solo como una maqueta tridimensional. Por otro lado, también impondremos la hipótesis de que a partir de este modelo se puede obtener la planimetría 2D de Estado Actual, para documentar formalmente el edificio.

Por otro lado, también se ha tomado como premisa de partida la posibilidad de extraer mediciones y presupuestos del modelo generado, con una correcta interoperabilidad entre la plataforma BIM empleada y las aplicaciones de generación de presupuestos *“Arquímedes”* y *“Presto”*. Esta hipótesis se pondrá a prueba mediante la elaboración de un caso práctico en el edificio de estudio, mediante el cual se pretenderá obtener una medición y presupuesto de uno de los capítulos del edificio.

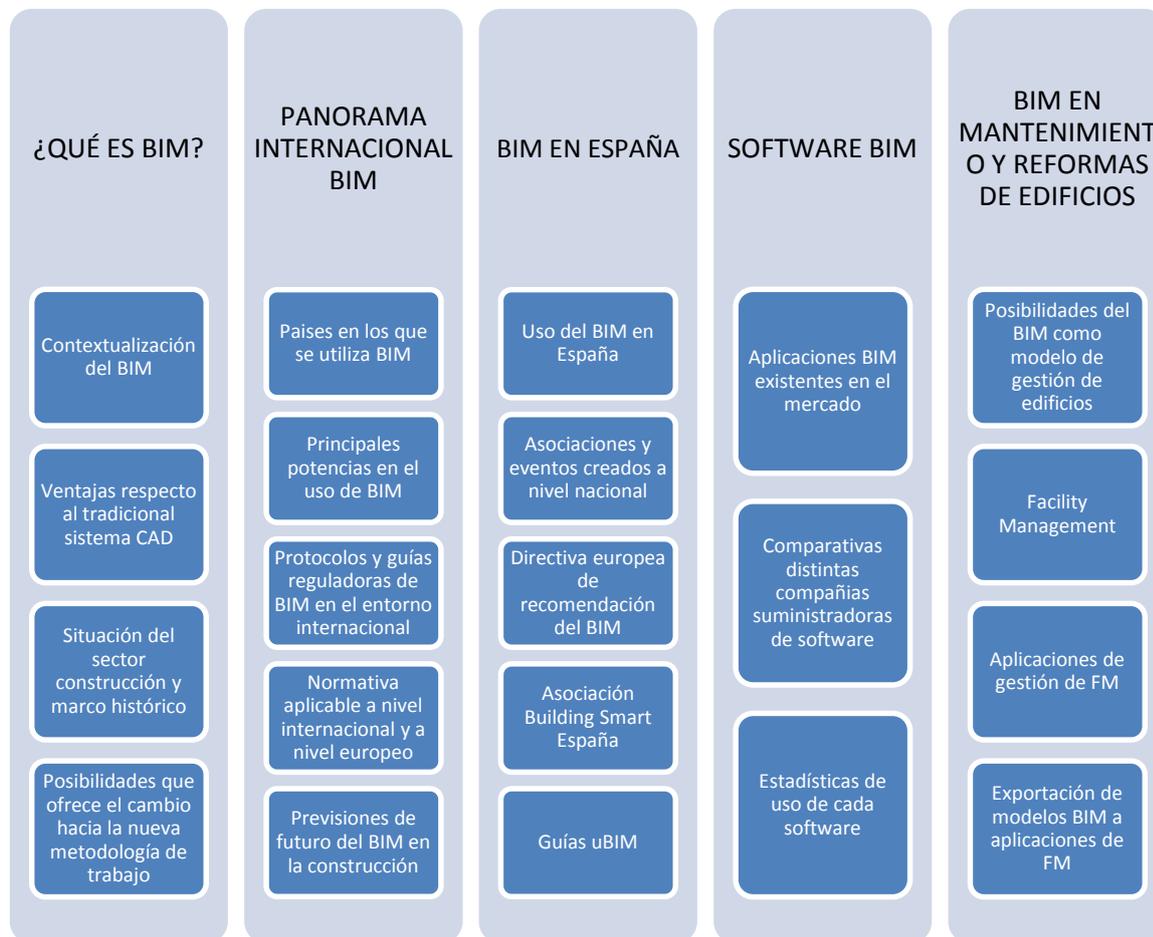
Además, esta última hipótesis planteada genera la necesidad de imponer una hipótesis de trabajo, que será definida con mayor detalle en el correspondiente apartado posterior del proyecto, pero que se hace mención en este punto. Dicha hipótesis consiste en plantear que la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación pretendiese realizar una reforma en el edificio estudiado, con la intención de cambiar la imagen exterior del mismo y redistribuir las estancias interiores para incorporación de nuevos usos. Por consiguiente, dicha intención de reforma generaría la necesidad de demolición de ciertos elementos del inmueble, cosa que puede medirse y presupuestarse de forma directa a partir del modelo generado. Así, la intención de reforma figurada, generaría la necesidad de desmontar las placas de fachada exteriores, para su posterior sustitución, y la demolición de todas las particiones interiores, solados y falsos techos, así como la eliminación de encimeras y demás equipamientos especiales, y de los sanitarios que los ocupan. A partir de la misma, se procederá a extraer la medición y presupuesto del capítulo de demoliciones, partiendo de la teórica ventaja que aporta la metodología BIM para extracción de mediciones de forma automática y directa, y poniendo a prueba dicha ventaja.

Como anotación a las hipótesis presentadas, hay que resaltar que todas ellas son aplicables a la plataforma BIM Allplan, en su versión 2015, que es la que se empleará para la realización de este proyecto, por los motivos descritos en el apartado *“8.6.1 Elección del software BIM. Allplan 2015.”*



5. DELIMITACIÓN DEL CAMPO DE TRABAJO.

En primer lugar, respecto a la investigación realizada para el entendimiento del nuevo modelo constructivo definido por la tecnología BIM, cabe destacar que se han distinguido cinco áreas de trabajo dentro de esta línea de investigación, a partir de las cuales se ha recopilado y analizado toda la información que se ha conseguido al respecto. De esta forma, la división o clasificación realizada para abordar esta investigación ha sido la que puede observarse en el siguiente esquema:



Esquema 2: Áreas de trabajo abordadas para análisis del nuevo modelo constructivo, Tecnología BIM. (Elaboración propia).

De esta forma, a nivel de investigación previa, se ha acotado el campo de investigación mediante los cajones o paquetes observables en el esquema anteriormente presentado. Los resultados de dicha investigación se encuentran desarrollados en el apartado “3. ESTADO DE LA CUESTIÓN.

Una vez acotado el área de investigación, se procederá a acotar el campo de trabajo en lo que respecta al caso práctico que se propone, es decir, en lo que respecta al levantamiento de un modelo BIM de Estado Actual del Edificio de Laboratorios de la E.T.S.I.E. Esta delimitación ha sido imprescindible para la realización de este proyecto, puesto que con las posibilidades que ofrece la tecnología BIM se puede llegar hasta límites insospechables, haciendo que se pueda caer en el error de cegarse con el modelado, intentando reproducir exactamente la realidad y sin un objetivo claro. Por tanto, lo primero que hay que definir es el empleo que se le va a dar al modelo, y de esta forma proponer el nivel de detalle que sea necesario para el caso en que se esté, puesto que no va a ser el mismo cuando el modelo esté encaminado al diseño de un edificio (Proyecto Básico), que cuando se pretenda definir un

proyecto de ejecución para su posterior construcción, o que cuando se pretenda obtener un modelo de estado actual de un edificio que ya está construido, por poner algunos ejemplos.

Por consiguiente, cabe especificar que en esta ocasión la empleabilidad que se le pretende dar al modelo es la de definir el edificio en su estado actual, para gestionar el mantenimiento del mismo, así como las posibles reformas que pudieran surgir en él. Pero con esto no es suficiente, ya que dentro del modelado de estado actual de un edificio existen muchos capítulos a modelar, y muchos niveles de precisión a llegar en cada uno de ellos. De esta forma, una vez definida la empleabilidad del modelo, será necesario definir muy claramente los capítulos para los que nos contratan, si se tratara de un trabajo profesional, o los niveles hasta los que se pretende llegar, si se trata de un proyecto de investigación, como sucede en el caso que nos compete, donde ha tenido que ser acotado el campo de actuación por la naturaleza del proyecto.

Así, la delimitación pormenorizada del espacio de trabajo que nos compete ha sido definida atendiendo a lo especificado en las guías uBIM¹¹, concretamente en el *Documento 12: "BIM para Mantenimiento y Operaciones"*, donde se establece una clasificación de los niveles a los que puede llegarse con el modelado BIM, observable en la Fig. 9.

En esta clasificación, se hace una división según las dimensiones del BIM, las llamadas seis "D" (3D, 4D, 5D, 6D), comentadas anteriormente en el apartado "3.8 DIMENSIONES DEL BIM." A partir de ésta, se delimita el campo de actuación que compete este trabajo en el primer peldaño de esta pirámide, que hace referencia a la dimensión 3D con incorporación de información, es decir, la dimensión de modelado del edificio, con definición expresa de todos los elementos que lo componen. Sin embargo, se puede ver que dicho peldaño se subdivide en tres partes, correspondientes a los tres grandes capítulos que definen a un edificio:

- Modelo Arquitectónico (Architectural BIM).
- Modelo Estructural (Structural BIM).
- Modelo de Instalaciones (MEP BIM).

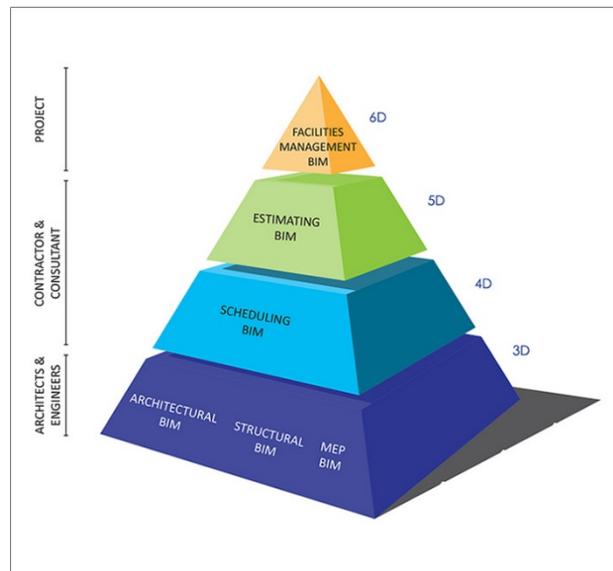


Fig. 9: Dimensiones del BIM. (Gráfico obtenido del Documento 12 de las guías uBIM: "BIM para el Mantenimiento y Operaciones").

De esta forma, el desarrollo del presente proyecto se sitúa en la realización del Modelo Arquitectónico y Estructural del edificio, habiendo tenido que dejar fuera de estudio las instalaciones del mismo, debido a la naturaleza del presente proyecto y a las herramientas de las que se dispone para su realización. No obstante, hay que resaltar en este punto que para proporcionar la empleabilidad comentada al modelo (gestiones de mantenimiento y reformas) es imprescindible contar con las instalaciones del mismo, pero esto no ha sido posible en esta ocasión, ya que para modelar las instalaciones con la plataforma Allplan (herramienta de modelado empleada) se requiere el módulo

¹¹ Las Guías uBIM 2014 son una serie de 13 documentos, publicados el pasado año por la Asociación Building Smart España, que consisten en guías de usuarios BIM, encaminadas a la estandarización e implantación de la tecnología BIM en España. No obstante, se procederá a una definición más detallada de las mismas en posteriores apartados de este documento.

de ingeniería de la misma, que no está disponible en la licencia de estudiantes que ha sido empleada. Por tanto, para abordar el Modelo de Instalaciones (MEP BIM) se requiere de la adquisición de una licencia completa profesional de la plataforma Allplan.

También es necesario anotar que en la realización del Modelo Arquitectónico y Estructural, queda fuera de estudio la cimentación del edificio, debido a la falta de documentación fiable que la defina y a la imposibilidad de realizar catas en el subsuelo para su definición.

Además, dentro de los modelos Arquitectónico y Estructural, existen varios niveles de desarrollo, denominados niveles LOD¹², cuya descripción puede consultarse en el apartado de Estado de la Cuestión del presente documento. En el caso que compete este proyecto, la especificación de los niveles de información del modelo o niveles de fiabilidad del mismo, así como de cada uno de los elementos que lo componen, serán definidos en las fichas de especificación BIM que se presentarán en el apartado *9.2 FICHAS DESCRIPTIVAS DE ESPECIFICACIÓN BIM. RESULTADOS FASE 3*. Mediante estas fichas se definirá el nivel de fiabilidad de todos los elementos modelados, así como las fechas de última actualización y las aclaraciones al respecto en cada uno de ellos.

En cuanto al resto de dimensiones de la tecnología BIM (observables en la Fig. 9), hay que afirmar que también se trabajará con la dimensión 5D de dicha tecnología, que hace referencia a la aplicación de costes al modelo, y generación del presupuesto a partir del modelo generado. Esto se realizará mediante un caso práctico de elaboración de medición y presupuesto del capítulo de demoliciones para una supuesta necesidad de reforma en el edificio, tal y como se expone en el apartado anterior de hipótesis de partida. Esto se ha llevado a cabo precisamente para poner a prueba esa posibilidad o ventaja que ofrece el nuevo modelo de proceso constructivo, o la denominada tecnología BIM.

Por último, como anotación final del área de trabajo, es necesario resaltar que en este proyecto no solo se ha abordado el modelado del Edificio de Laboratorios de la E.T.S.I.E., sino que se ha preparado un proyecto BIM de todo el Campus Universitario Reina Mercedes. De tal forma, en esta ocasión únicamente se ha realizado un modelo de emplazamiento del edificio elegido, modelando los edificios como simples volúmenes que definen el espacio ocupado por los mismos, con un nivel de desarrollo LOD 100. Sin embargo, el proyecto queda preparado para posteriores incorporaciones al mismo, con el objetivo de que en algún momento se pueda llegar a obtener un modelo virtual de todo el Campus Universitario, donde se podrían tener definidos todos los edificios del mismo, además de todas las zonas comunes del campus, aparcamientos, jardines, vegetación y todos los elementos que lo componen. No obstante, esto será definido con mayor detalle en los posteriores apartados *8.6.3 Organización del proyecto. Definición de archivos de trabajo.* y *8.6.5 Modelado del Emplazamiento. Campus Universitario Reina Mercedes.*

¹² Las siglas LOD hacen referencia a los llamados "Level of Development" (Niveles de Desarrollo) publicados por la A.I.A. (American Institute of Architects) en su documento "*Level of Development Specification, 2013*".



6. OBJETIVOS.

Tras imponer las hipótesis de partida y delimitar el campo de trabajo que se abordará en el presente proyecto, se procede a continuación a la definición de los objetivos que se buscan con la realización del mismo, considerando por un lado una serie de objetivos generales y por otro lado unos objetivos específicos.

6.1 OBJETIVOS GENERALES.

Como objetivo general, y objeto de la elección del tema seleccionado para este proyecto de investigación, se puede resaltar la intención de preparar un proyecto que dé comienzo a la elaboración de un modelo BIM de Estado Actual de todo el Campus Universitario Reina Mercedes, comenzando en este caso con el Edificio de Laboratorios de la E.T.S.I.E. De esta forma, se generará un directorio de proyecto preparado para posteriores incorporaciones al mismo, con la pretensión de llegar a conseguir un modelo virtual de todo el Campus y los elementos que lo componen, lo que generaría una gran base de datos que recogería toda la documentación y definición de dicha propiedad de la Universidad de Sevilla. Este propósito se considera de una importancia vital para la correcta gestión del mantenimiento y para el abordaje de posibles operaciones de reforma que pudieran requerirse en la finca. De esta forma, se impone la nombrada pretensión como un objetivo abierto, puesto que en el caso que nos compete, y debido a la naturaleza del presente trabajo, solo se abordará lo que ha sido definido en el apartado anterior de delimitación del área de trabajo, generando una serie de líneas de desarrollo abiertas, que serán recogidas y definidas en el apartado 11 del presente documento.

Una vez establecida la pretensión general que desemboca en la elección de este tema, se pretende generar una metodología de trabajo específica para abordar el levantamiento de edificios existentes, que coincide con la metodología de trabajo del presente proyecto. Además, se establece la misma con la posibilidad de poder ser extrapolable al abordaje de levantamientos o modelados BIM de Estado Actual del resto de edificios que componen el campus, así como a cualquier otro edificio existente que se pretenda modelar. Por consiguiente, el objetivo principal de este trabajo reside en el establecimiento de dicha metodología de trabajo, para lo cual se establecerán una serie de objetivos específicos.

Transversalmente, con la elaboración de este proyecto, se pretende mostrar los resultados de una investigación y estudio práctico de lo que conlleva la implantación del nuevo modelo de proceso constructivo, definido por la tecnología BIM.

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Para la elaboración de la nombrada metodología de trabajo para el modelado BIM de edificios existentes se abordará el estudio pormenorizado y modelado del Edificio de Laboratorios de la E.T.S.I.E., Universidad de Sevilla. Por consiguiente, se procederá a la realización de un modelo virtual de estado actual con tecnología BIM. Esto va encaminado a un objetivo muy claro, que reside en la obtención de un modelo virtual que facilite las gestiones de Facility Management, en un edificio donde las gestiones de mantenimiento se consideran de vital importancia, debido al uso al que se destina el inmueble.

Así, los objetivos específicos que pueden enumerarse en este proyecto son los siguientes:

- Establecer la metodología de trabajo para el estudio y análisis de edificios existentes y para la elaboración de modelos BIM de Estado Actual de los mismos, basándose en los fundamentos teóricos establecidos por las Guías uBIM y estableciendo una metodología específica.
- Generación de un modelo virtual del Edificio de Laboratorios de la E.T.S.I.E., llegando hasta un nivel de desarrollo LOD 300, de forma que se reproduzca el edificio existente de una forma precisa y con la respectiva información insertada en cada una de las capas y materiales que componen cada elemento modelado
- Modelado de emplazamiento del edificio, mediante la creación de volúmenes tridimensionales de los edificios que componen el Campus Universitario Reina Mercedes, con sus dimensiones reales y con la localización real con respecto al edificio modelado.
- Obtención de la planimetría formalizada de estado actual que documente el edificio, generándola a partir del modelo virtual, definiendo plantas, alzados, secciones y detalles constructivos.
- Obtención de los archivos de transferencia BIM del modelo generado y sus partes, en los formatos correspondientes y normalizados para el intercambio información BIM: Formato IFC y formato nativo (Allplan).
- Obtención de medición y presupuesto del capítulo de demolición en la hipótesis de reforma que ha sido implantada, a través de la herramienta BIM y conectando con programas de presupuestación, para poner a prueba la posibilidad o ventaja que ofrece dicha tecnología.

7. JUSTIFICACIÓN DE COMPETENCIAS.

Atendiendo a las competencias que se especifican en el programa de la asignatura correspondiente al Proyecto Fin de Grado para la obtención del título de Graduado en Ciencia y Tecnología de la Edificación por la Universidad de Sevilla, se relacionan a continuación aquellas que han sido desarrolladas en el presente proyecto.

- G01. Capacidad de organización y planificación.
- G02. Capacidad para la resolución de problemas.
- G03. Capacidad para tomar decisiones.
- G04. Aptitud para la comunicación oral y escrita de la lengua nativa.
- G05. Capacidad de análisis y síntesis.
- G06. Capacidad de gestión de la información.
- G08. Capacidad para el razonamiento crítico.
- G11. Capacidad de improvisación y adaptación para enfrentarse a nuevas situaciones.
- G13. Actitud social positiva frente a las innovaciones sociales y tecnológicas.
- G14. Capacidad de razonamiento, discusión y explosión de las ideas propias.
- G15. Capacidad de comunicación a través de la palabra y de la imagen.
- G16. Capacidad de búsqueda, análisis y selección de la información.
- G17. Capacidad para el aprendizaje autónomo.
- G19. Aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional por medio de la elaboración y defensa de argumentos y resolución de problemas dentro de su área de estudio.
- G20. Capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
- G21. Transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado
- G22. Desarrollar aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía
- E71. Presentación y defensa ante un tribunal universitario de un proyecto fin de grado, consistente en un ejercicio de integración de los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas.



8. METODOLOGÍA.

8.1 INTRODUCCIÓN

Como se ha explicado anteriormente en el presente documento, el objetivo principal que se persigue con este proyecto es la puesta a prueba de la tecnología BIM para el mantenimiento y operaciones en un edificio existente, o lo que se conoce actualmente con el término inglés “Facility Management”, donde una de las áreas de trabajo más importante es la gestión de los activos o recursos inmobiliarios. Hasta hace poco, para dicha disciplina se empleaba planimetría 2D, que se gestionaba mediante aplicaciones específicas de Facility Management. Pero con la llegada de la tecnología BIM aparece una ventaja importante, ya que es posible gestionar todas las operaciones de mantenimiento a partir de una maqueta virtual que reproduce el edificio a escala, con el nivel de desarrollo que se desee, y pudiendo llegar hasta límites extraordinarios. Además, la realización del BIM no es solo la reproducción del edificio mediante un modelo tridimensional, sino que como ya se ha expuesto en los antecedentes de este proyecto, un BIM es un modelo de información, donde se aplicará a la maqueta tridimensional toda la información pertinente, consiguiendo un archivo donde se recoge toda la información necesaria que describe el edificio, las gestiones de mantenimiento a desarrollar, los fabricantes de los elementos modelados, las mediciones y presupuestos, etc, lo cual sustituye a la desventaja de trabajar con la metodología tradicional CAD, donde se generaba un conjunto de archivos que con el tiempo se desorganizan, se pierden partes, etc.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que en dicha maqueta virtual, es posible reproducir la realidad hasta niveles inimaginables, pudiendo tener modelado en la maqueta desde la arquitectura del edificio hasta una papelera que se encuentre colocada al lado de un escritorio, en una de las oficinas del edificio y situada exactamente en su lugar, por poner un ejemplo. Pero la pregunta es: ¿Es necesario llegar hasta ese nivel de reproducción de la realidad? Pues este es el principal problema que puede presentarse con la utilización de la tecnología BIM en el levantamiento de edificios existentes, puesto que hay que tener muy claro lo que verdaderamente se necesita modelar, dependiendo de la aplicación que se le vaya a dar al modelo, ya que la herramienta no tiene límites en ese aspecto y puede llegar a cegarnos la idea de modelarlo todo exactamente como lo encontramos en la realidad. De esta forma, lo primero que hay que definir, antes de comenzar con el modelado del inmueble, es el nivel de precisión al que necesitamos llegar con el modelo BIM. Además, hay que tener en cuenta el nivel para el que nos contratan, puesto que dependiendo de ello, habrá que definir el nivel de desarrollo al que se llegará en cada capítulo o unidad de obra del inmueble.

De esta forma, con la realización del presente proyecto, se procederá a establecer una metodología para abordar el levantamiento BIM de Estado Actual de un edificio existente, para lo cual nos hemos apoyado mucho en el Documento 2 y Documento 3 de las Guías uBIM¹³. Pero estas guías contienen una información muy teórica, por lo que con el desarrollo de la metodología del presente proyecto, se ha intentado establecer una metodología de trabajo más específica, referente al modelado de edificios existentes y con empleo de una plataforma BIM específica, que en nuestro caso ha sido Allplan, tal y como se expone con mayor detalle en apartados posteriores del presente documento.

¹³ Guías uBIM 2014, desarrolladas por la asociación Building Smart España. “Documento 2: Modelado de Estado Actual” y “Documento 3: Diseño Arquitectónico”.

8.2 ELECCIÓN DEL EDIFICIO.

Debido al enfoque que se le ha querido dar al proyecto, se ha elegido un edificio donde sea clara la necesidad de aplicación de la disciplina conocida con el nombre de Facility Management, es decir, un edificio donde sea necesario un mantenimiento adecuado y riguroso. Además, el edificio tipo que puede requerir dicha actuación debe tener una entidad suficiente para que tenga sentido la elaboración de una adecuada documentación de estado actual mediante la elaboración de un modelo virtual de información BIM que reproduzca la realidad construida y recoja toda la información y documentación pertinente, de forma que sea rentable el importante esfuerzo económico e intelectual que ello supone. Por ello, se ha elegido el *Edificio de Laboratorios de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación*¹⁴ (Fig. 10), perteneciente a la *Universidad de Sevilla*. Dicho edificio, como todo inmueble perteneciente a una institución, necesita tener muy bien definido y planificado el mantenimiento, además de ser muy importante tener el edificio perfectamente documentado, ya que puede ser necesaria la realización de reformas de una forma habitual, para creación de nuevas aulas, remodelación de aulas existentes, mantenimiento del mobiliario y de las instalaciones, etc. Además, otro motivo que ha llevado a la elección de dicho inmueble es que se trata de un edificio de uso público, y es la administración pública la que debe concienciarse en primer lugar con la introducción de la tecnología BIM como metodología de trabajo en la construcción, por lo que ha parecido importante elegir este inmueble para la elaboración del presente proyecto de investigación.



Fig. 10: Edificio de Laboratorios de la E.T.S.I.E. Fotografía de fachada principal de acceso al edificio. (Elaboración propia).

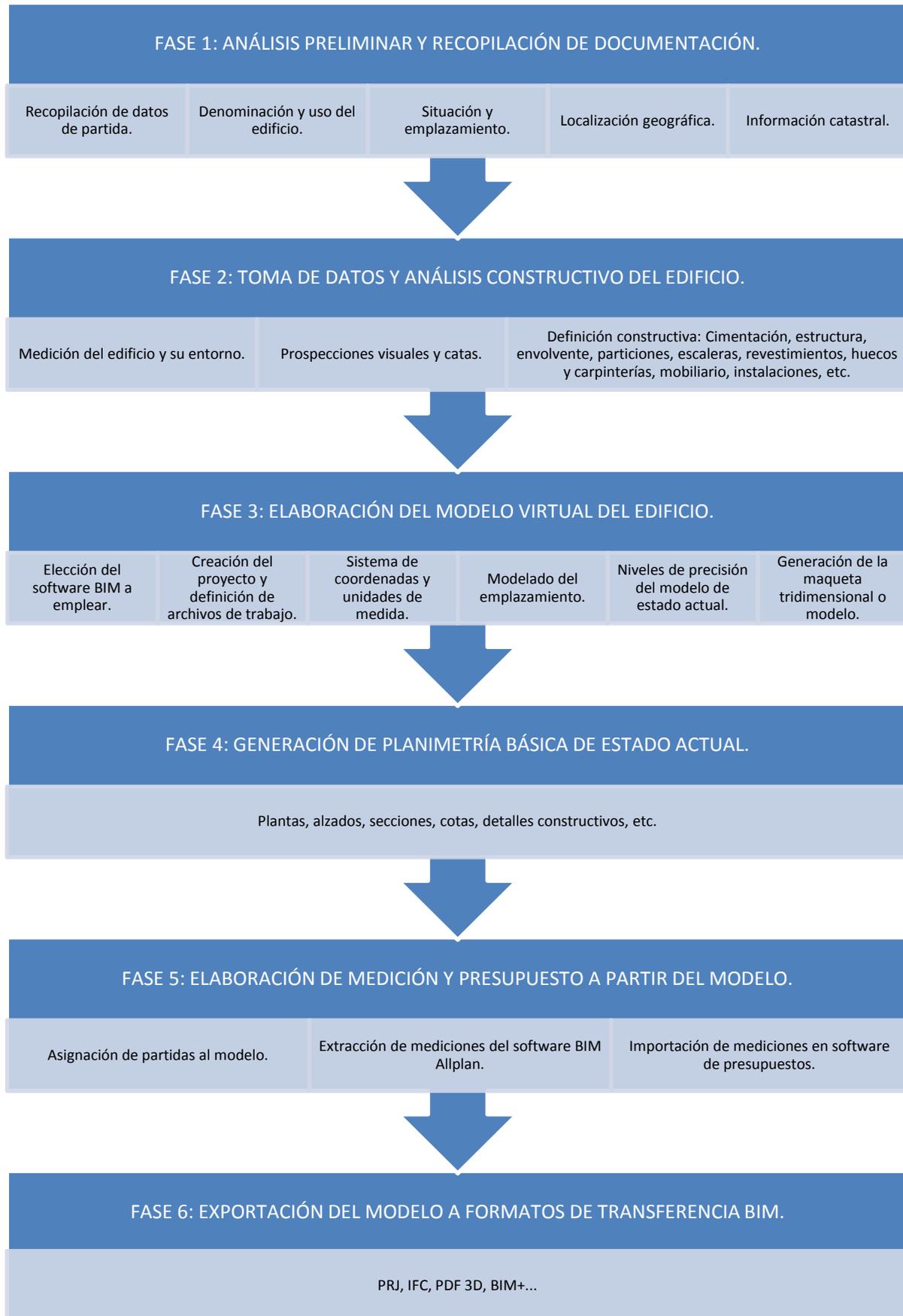
En una institución como la Universidad de Sevilla, que cuenta con un gran número de edificios en propiedad, se considera de vital importancia el modelado BIM de sus inmuebles, de forma que el registro de la universidad pudiera tener una gran base de datos con todos los edificios de la misma modelados, lo cual facilitaría enormemente las gestiones de mantenimiento y operaciones y permitiría poder acceder a toda la documentación de un edificio simplemente accediendo a su correspondiente modelo BIM. Además, no hay que crear necesariamente un proyecto con cada edificio, sino que como la Universidad de Sevilla se divide por Campus, sería interesante que se creara un proyecto BIM por cada uno de los campus existentes, de forma que en un mismo archivo, quede recopilada toda la información de los edificios existentes en el campus o zona en cuestión, incluyendo modelos de cada edificio, distancias entre ellos, modelos de emplazamiento, posibles relaciones existentes entre los mismos, etc. Por ello, el presente proyecto no se ha abordado únicamente como el levantamiento BIM del edificio en cuestión, sino que se creará un proyecto que quedará preparado para que en futuras intervenciones puedan añadirse al mismo el resto de edificios que conforman el Campus Reina Mercedes. De esta forma, llegará un momento en que se conseguirá un modelo BIM que recogerá una maqueta tridimensional de todo el campus universitario, con definición completa de cada uno de los edificios, así como toda la información pertinente de los mismos. Así, se pasará de tener un numeroso

¹⁴ En adelante se denominará la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación con sus iniciales: E.T.S.I.E.

conjunto de documentos y planos 2D desactualizados y de difícil acceso por la dificultad que conlleva su organización, a tener un solo archivo donde podemos encontrar toda la información de cualquiera de los edificios del campus, actualizada y de muy fácil acceso. Además, se podrá extraer planos de las zonas que se deseen, realizar posibles cambios o reformas de una forma inmediata, extracción de mediciones y presupuesto para gestiones de mantenimiento o de reformas, realización de estudios lumínicos o análisis de eficiencia energética, etc.

Por último, otro motivo que se ha tenido en cuenta a la hora de elegir dicho edificio es la necesidad por parte de la escuela de realizar una reforma en el edificio en los próximos años. Por ello, tras la proposición del tutor del presente proyecto, Isidro Cortés Albalá, Profesor titular y Subdirector de Formación y Posgrado de la E.T.S.I.E., y por los motivos expuestos anteriormente, se ha decidido realizar un modelado BIM de estado actual del nombrado Edificio de Laboratorios de la E.T.S.I.E., que se espera que sirva de documentación de estado actual en la próxima reforma a realizar, así como de apoyo en futuras intervenciones o estudios sobre el mismo que puedan realizarse por otros alumnos de la escuela.

8.3 ESQUEMA GUÍA DE METODOLOGÍA EMPLEADA.



Esquema 3: Esquema guía de metodología de trabajo empleada. (Elaboración propia).

8.4 FASE 1: ANÁLISIS PRELIMINAR Y RECOPIACIÓN DE DOCUMENTACIÓN.

En esta fase se ha procedido a un primer estudio del edificio y a la recopilación de toda la información y documentación existente del mismo, para tener constancia desde donde se parte para la elaboración del modelo de estado actual. Ésta es la forma de saber a qué nos enfrentamos y qué información tendremos que sacar en un estudio pormenorizado posterior, para poder abordar el levantamiento del mismo.

8.4.1 Datos de partida.

Una vez elegido el Edificio de Laboratorios de la ETSIE como modelo a elaborar, se ha realizado una búsqueda de información para ver con qué información se contaba y si existía documentación fiable. Tras dicha investigación, se concluye que no hay constancia de la existencia de documentos, planimetrías u otro tipo de información fiable sobre el edificio, ya que lo único que existe en los registros de la escuela son unos planos de estado actual realizados por alumnos de la misma, ya que parece ser que la información del proyecto original del edificio se perdió, y como este edificio ha sido trabajado varias veces por el alumnado, se han guardado como documentación de estado actual dichos planos creados por alumnos de construcción, como trabajo de curso, en el que se realizó el levantamiento del edificio. Dicha información ha sido facilitada por el tutor del presente proyecto, en formato CAD, y consiste en planos de planta baja y de planta primera (Fig. 11). Pero la información se reduce a plantas muy básicas del edificio y sin secciones ni alzados que definan las alturas del edificio. Además, tras la comparación de lo plasmado en dichos planos con la realidad, se ha detectado que hay muchas cosas que no coinciden y que las dimensiones presentes en dichas plantas no concuerdan exactamente con la realidad.

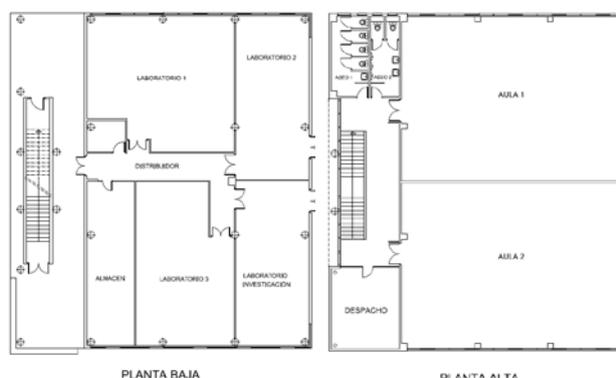


Fig. 11: Planimetría de estado actual preliminar. (Imágenes obtenidas a partir de los planos facilitados por la escuela).

Por ello, tras realizar esa comprobación, se descartaron esas plantas como documentación de partida y se procedió a seguir con la investigación, preguntando a profesores y compañeros por otros levantamientos del edificio en cuestión que se hayan realizado en años anteriores, puesto que se tiene constancia de que se ha trabajado con él en numerosas ocasiones. Tras esta investigación, se obtuvo otra planimetría de estado actual del edificio, realizada también por alumnos compañeros del grado, para una adecuación realizada en la asignatura de Proyectos Técnicos. Esta nueva documentación obtenida (Fig. 13 y 14) estaba un poco más completa, y en esta ocasión sí contaba con alzados y secciones que definían mejor el edificio. Pero tras realizar la comprobación de algunas cotas en el edificio real, se detectó que las cotas generales de planta estaban bien, pero existían numerosas cotas, tanto de altura como de compartimentaciones y carpinterías interiores, que no coincidían con la realidad.

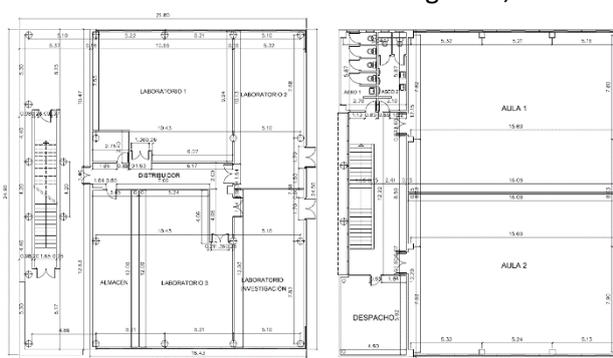


Fig. 13: Plantas de estado actual tras segunda investigación. (Planimetría facilitada por un alumno compañero de la escuela).

Por ello, tras dicha comprobación se tomó la decisión de realizar de nuevo la medición completa del edificio, con medios manuales, ayudándose de los planos obtenidos en esta segunda investigación, pero comprobando cada una de las cotas. Esta decisión se debe a que con el presente proyecto se pretende evitar lo sucedido, y generar una documentación de estado actual completamente fiable y que reproduzca la realidad tal y como es, de forma que pueda utilizarse en posteriores intervenciones del edificio. Además, el hecho de no haber encontrado una planimetría de estado actual fiable ha sido otro de los aspectos que ayudó en la elección de este edificio como modelo de ensayo a emplear en el presente proyecto de investigación.

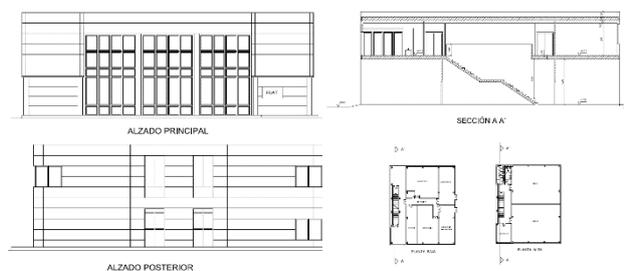


Fig. 14: Alzados y Secciones de estado actual obtenidas tras la segunda investigación. (Planimetría facilitada por un alumno compañero de la escuela).

Por consiguiente, la documentación de partida definida anteriormente se ha empleado únicamente como plantilla para realizar la medición del edificio y el nuevo levantamiento del mismo, proceso que se explicará con detalle en posteriores apartados del presente documento. De tal forma, se abordará el modelado de estado actual del edificio como si no se contara con documentación alguna, puesto que la información obtenida no es completamente fiable. Por ello, se seguirá el proceso descrito en el Documento 2 de las Guías uBIM: Modelado de Estado Actual, en la cual se distingue entre distintos procedimientos según se cuente planimetría 2D fiable del edificio o no.

Así, se ha dado por supuesto que no existe ninguna documentación fiable que defina el edificio, lo que nos obliga a estudiar el mismo por completo y definirlo de forma que tras la finalización del presente proyecto, se obtenga una documentación de estado actual actualizada y completamente contrastada con la realidad.

8.4.2 Denominación y uso del edificio.

Se trata de un edificio de uso docente, y de construcción posterior al edificio principal de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación (E.T.S.I.E.). La construcción del edificio principal de la E.T.S.I.E puede situarse en 1966, tal y como se observa en los datos obtenidos del catastro, que serán analizados en el apartado 8.4.5 *Referencia catastral y datos del inmueble*. Sin embargo, debido a la falta de documentación sobre el mismo, no ha sido posible constatar el año de construcción del edificio de análisis en este trabajo (Laboratorios de la ETSIE). Lo mismo sucede con el arquitecto diseñador del edificio, que no se conoce a ciencia cierta, por lo que no se nombrará en esta ocasión, ya que no se cuenta con una información fiable que lo confirme. No obstante, no se le ha dado demasiada importancia a esta cuestión, puesto que el verdadero objetivo del presente proyecto es su documentación técnica de estado actual, encaminada a la gestión del mantenimiento del mismo. De esta forma, si se quisiera conocer la historia del edificio, sería necesario la realización de un estudio histórico más exhaustivo del mismo.

En cuanto a su definición geométrica y espacial, se trata de un edificio de dos plantas sobre rasante, con unas dimensiones en planta de 24.50 x 21.50 m y una altura total de 9.20 m, ocupando una superficie en planta de 562.92 m².

En cuanto a uso y explotación del edificio, la planta baja está reservada al completo para el Departamento de Materiales de la ETSIE, destinada principalmente a los laboratorios de prácticas de las asignaturas de Materiales, así como algún despacho y almacenes para el material del departamento. De esta forma, en la planta baja se encuentran las siguientes estancias o espacios:

- Laboratorio 01.
- Laboratorio 02.
- Laboratorio 03.
- Laboratorio de investigación.
- Pasillo-distribuidor.
- Despacho materiales.
- Almacén 01.
- Almacén 02. (Bajo hueco de escalera).

Por otro lado, en la planta alta o planta primera del edificio, nos encontramos una mayor diversidad de usos, ya que no pertenece al completo a ningún departamento. En esta planta existe un aula de uso compartido para la docencia de varias asignaturas del grado y de los masters ofrecidos en la escuela y otro aula-laboratorio reservada para las prácticas de la asignatura de Física, además de unos aseos comunitarios y un despacho perteneciente al departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería de Edificación. Así, las estancias existentes en dicha planta son las siguientes:

- Aula 0.1 (Laboratorio Física).
- Aula 0.2 (uso común de la escuela).
- Aseo Masculinos.
- Aseo Femeninos.
- Despacho Dibujo.
- Hall P1 (recibidor-distribuidor).

8.4.3 Situación y emplazamiento.

El edificio en cuestión se encuentra sito en el Campus Universitario Reina Mercedes, concretamente en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universidad de Sevilla. Con dirección postal en Avenida Reina Mercedes, 2, Sevilla. CP: 41012, (Fig. 15).

La fachada delantera del edificio se orienta en la misma dirección que la fachada delantera del edificio principal de la ETSIE, pero presentando su entrada principal desde un patio de aparcamientos interior existente entre el edificio de Laboratorios y el edificio principal de la ETSIE. De esta forma, la fachada principal está orientada hacia la Avenida Reina Mercedes, pero sin tener acceso directo desde la misma. Por otro lado, su fachada trasera, al igual que la fachada trasera de la ETSIE, se orienta hacia la Calle Sor Gregoria de Santa Teresa, desde donde se tiene acceso a la zona de aparcamientos citada anteriormente.

Por último, el edificio colinda con sus laterales con el Centro de Investigación Tecnológica e Innovación de la Universidad de Sevilla (CITIUS) por su fachada sur, y con el edificio principal de la ETSIE por su fachada norte.

El edificio consta de su único acceso en la fachada este, orientada hacia la Avda. Reina Mercedes, pero sin acceso directo desde la misma. Como se ha comentado con anterioridad, para acceder al edificio es necesario pasar por la zona de aparcamientos central (véase fig. 16), a la cual se accede desde una salida secundaria del edificio principal de la ETSIE, desde la Avda. Reina Mercedes o desde la Calle Sor Gregoria de Santa Teresa. No obstante, aunque no tiene acceso desde la calle Sor Gregoria de Santa Teresa, sí que tiene sus salidas de emergencia en planta baja con apertura hacia dicha calle.

Todo lo especificado queda recogido gráficamente en el plano 01. **SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.**



Fig. 15: Ubicación del Edificio de Laboratorios de la ETSIE. (Imagen extraída de la aplicación “Google Earth”).

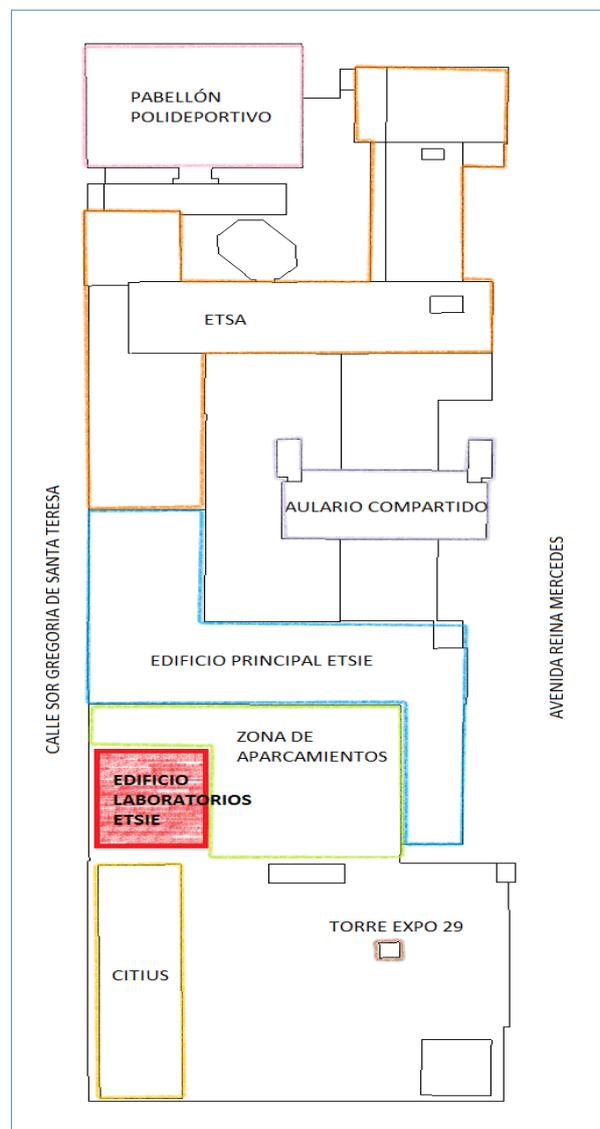


Fig. 16: Esquema de emplazamiento del edificio en el Campus Universitario Reina Mercedes. (Elaboración propia a partir de Croquis catastral).

8.4.4 Localización geográfica.

El edificio en cuestión se encuentra sito en el Campus Reina Mercedes, en la ubicación descrita por las siguientes coordenadas geográficas;

- 37º 21' 42.09" N
- 5º 59' 14.30" O

Si se tiene instalada la aplicación "Google Earth", puede accederse a la ubicación exacta del edificio pinchado en el siguiente vínculo:



Vínculo de Google Earth. Clic en imagen para acceder.

8.4.5 Referencia catastral y datos del inmueble.

Una vez ubicado el edificio, se ha accedido a la Sede Electrónica de la Dirección General del Catastro para acceder a la referencia catastral del inmueble y a la ficha catastral de la parcela en cuestión. De esta forma, se ha accedido a la documentación catastral del inmueble empleando el buscador de datos catastrales mediante dirección postal, puesto que no se tenía constancia de la referencia catastral del mismo. Así, se han obtenido los resultados mostrados en las imágenes de la derecha, donde podemos observar la ficha catastral (Fig. 17) y un croquis catastral de la parcela (Fig. 18), que se ha empleado anteriormente para realizar el esquema de emplazamiento mostrado en el apartado anterior, y se empleará más adelante para la realización del modelo de emplazamiento. Además, mediante dicha búsqueda se ha obtenido el número de referencia catastral del inmueble, que servirá para acceder siempre que se quiera a la información catastral actualizada, ya que las imágenes mostradas fueron extraídas en abril de 2015, pero se recomienda que cuando quiera emplearse la información del presente proyecto para cualquier otro fin, se descargue nuevamente la información catastral de la Sede Electrónica del Catastro, que estará actualizada al momento de la consulta.

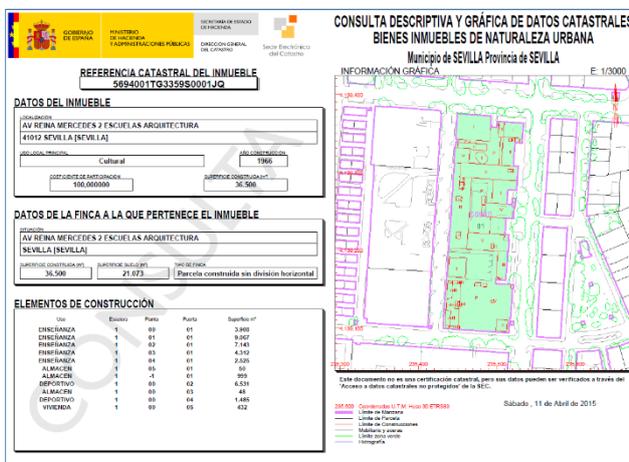


Fig. 17: Ficha de Información Catastral de la parcela estudiada. Campus Universitario Reina Mercedes. (Imagen obtenida de la Sede Electrónica de la Dirección General del Catastro).

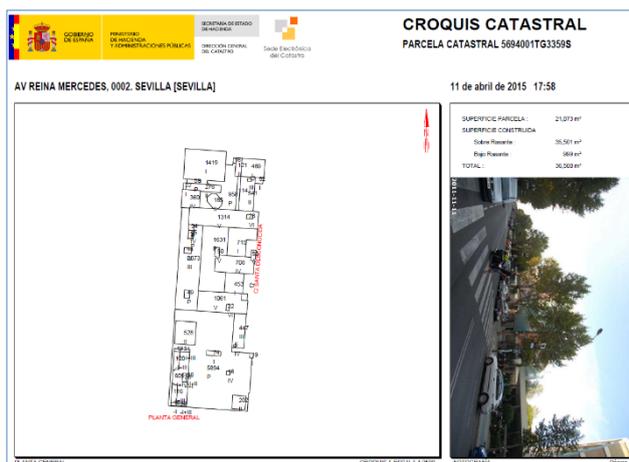


Fig. 18: Croquis catastral de la parcela estudiada. (Imagen obtenida de la Sede Electrónica de la Dirección General del Catastro).

Referencia Catastral del inmueble: **5694001TG3359S0001JQ**

Otros datos obtenidos a partir de la información catastral de la parcela, referentes a todo el Campus Universitario de Reina Mercedes, Universidad de Sevilla:

- Año de construcción: 1966.
- Superficie de suelo: 21.073 m².
- Superficie construida:
 - Sobre rasante: 35.501 m²
 - Bajo rasante: 999 m²
 - Superficie total construida: 36.500 m².

8.5 FASE 2: TOMA DE DATOS Y ANÁLISIS CONSTRUCTIVO DEL EDIFICIO.

Tras la realización de la investigación y análisis preliminar del edificio, se ha llegado a la conclusión de que no existe una documentación fiable que defina el edificio, por lo que en el presente apartado se procederá a exponer una segunda fase de análisis constructivo y toma de datos del edificio, a partir de la cual se conseguirá definir el edificio a nivel constructivo y de acabados, para después emplear dicha información en la elaboración del modelo. A continuación se desarrolla el proceso seguido para dicho análisis:

8.5.1 Medición del edificio y su entorno.

Como ya se ha explicado, debido a que no se tiene constancia de la existencia de una planimetría de estado actual correcta y veraz, se ha decidido proceder a la medición manual del edificio, empleando como plantilla de medición la planimetría facilitada por compañeros de la escuela y descrita en el nombrado apartado del presente proyecto. Esto se ha realizado para comprobar cada una de las cotas y para obtener cotas de altura y de definición de acabados que no constaban en la planimetría de partida. En las Fig. 19 y 20 puede observarse el proceso realizado, mediante anotaciones en los planos de partida.

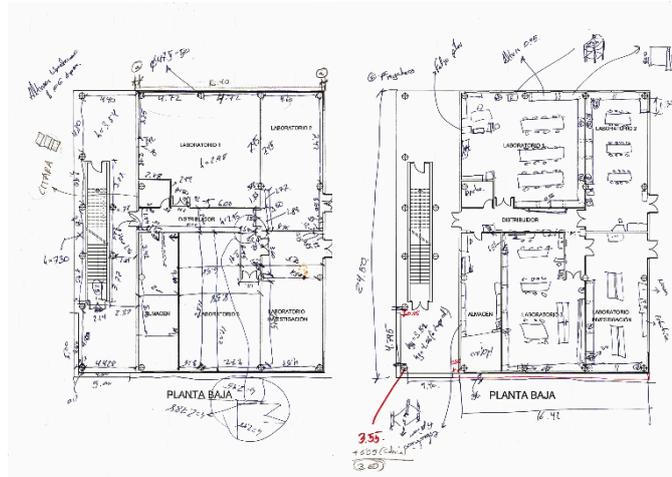


Fig. 19: Bocetos de anotaciones tras la medición manual de Planta Baja. En las imágenes puede observarse el método empleado para la medición, consistente en la comprobación de cada una de las cotas presentes en una planimetría de partida incompleta. (Elaboración propia).

De esta forma, y atendiendo a lo recogido en el Documento 2 de las Guías uBIM: “Modelado de Estado Actual”, se ha realizado una medición del Nivel 1: “Medición láser de edificios existentes”, que tal y como se expone en dicho documento, no es el mejor método para el levantamiento de edificios, pero sí que es un método adecuado para verificar la corrección de distancias individuales, muy eficaz cuando se trabaja a partir de planimetría antigua, como es el caso de este proyecto, en el cual se cuenta con una planimetría básica del edificio, pero desactualizada y poco fiable. Además, por los medios disponibles para la realización del presente Proyecto Fin de Grado, ha sido el método más eficaz de medición al que se tenía acceso.

Por tanto, la herramienta utilizada para llevar a cabo la medición ha sido un distanciómetro láser, cedido por el departamento de Construcciones Arquitectónicas II de la ETSIE para la realización del presente proyecto. Dicha herramienta ha sido complementada con un flexómetro y una cinta métrica flexible, para medición de algunos elementos o partes del edificio.

Además, con dicho proceso de medición manual del edificio no solo se ha medido el edificio en cuestión, sino que se han tomado medidas de su entorno, detectando los desniveles y alturas en todo el Campus Universitario Reina Mercedes, así como las distancias de separación entre cada uno de los edificios y espacios que lo componen. Dicha información será empleada a continuación para la elaboración del modelo de emplazamiento del edificio.

Por último, con dicha visita al edificio para la medición manual, y junto a otras visitas que se han ido realizando a medida que se desarrollaba el proyecto, se ha aprovechado para analizar y comprender el edificio a nivel constructivo y estructural, realizando bocetos de análisis y fotografías de todos los elementos y acabados que lo componen. A modo de ejemplo, se presenta un boceto de análisis de los niveles del edificio y de su estructura, observable en la Fig. 21.

El comentado análisis constructivo del edificio se explica a continuación en los siguientes apartados, donde también se exponen las catas e inspecciones realizadas.

8.5.2 Prospecciones visuales y catas.

Aprovechando la visita para la medición del edificio y con otras visitas posteriores realizadas, se ha estudiado el mismo de forma exhaustiva, obteniendo una definición constructiva a nivel completo, descartando únicamente la cimentación y las instalaciones del edificio, que debido a la imposibilidad de hacer catas en el subsuelo y a la naturaleza del presente proyecto, quedan fuera de estudio. De esta forma, mediante la realización de prospecciones visuales y catas no destructivas, se ha llevado a cabo el estudio y definición del inmueble, cuyos resultados podrán observarse en el apartado 9.1 "DEFINICIÓN CONSTRUCTIVA A PARTIR DE LOS DATOS OBTENIDOS. RESULTADOS FASE 1 Y 2".

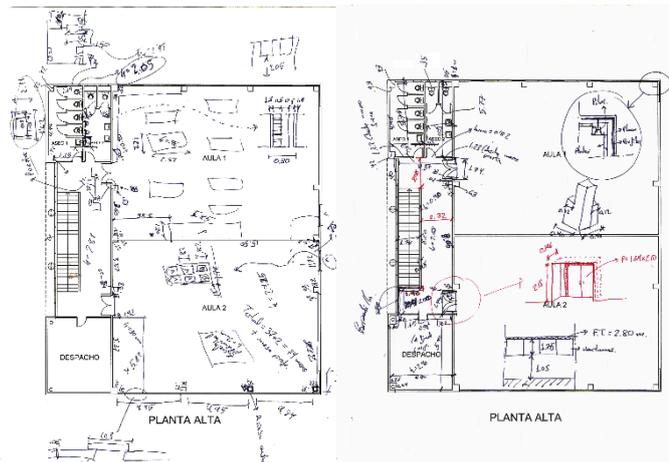


Fig. 20: Bocetos de anotaciones tras la medición manual de Planta Primera. Se puede observar el método de medición empleado, a partir de una planimetría de partida incompleta y poco precisa. (Elaboración propia).

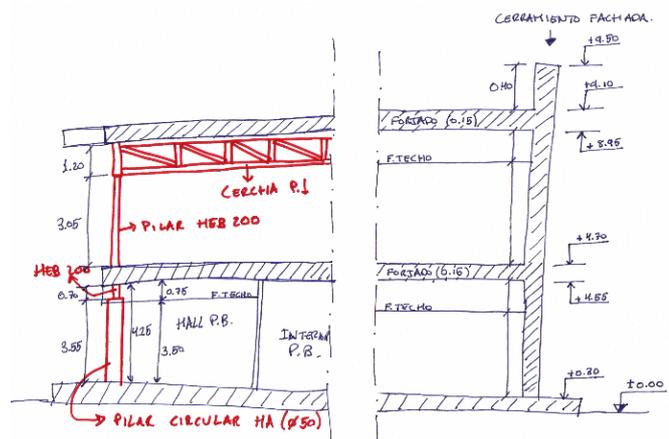


Fig. 21: Boceto realizado para análisis y definición de los niveles o cotas de altura del edificio. Con el presente boceto se exponen las cotas de nivel que después se emplearán para definir la estructura de pisos del proyecto, así como una introducción a la estructura del mismo, que será de análisis en apartados posteriores. (Elaboración propia).

A continuación se muestra un listado con descripción y localización de cada una de las catas o prospecciones visuales realizadas, además de los elementos analizados en las mismas, de forma que quede perfectamente definido el proceso seguido para llevar a cabo la definición constructiva del edificio:

8.5.2.1 Inspecciones Planta Baja.

En primer lugar, se ha realizado un análisis de la superficie útil de planta primera, definiendo y midiendo todos aquellos elementos a los que se tiene acceso directo. Con esto, se han definido las cotas interiores y exteriores de planta, las alturas de ventanas y puertas, alturas libres entre solería y falso techo, alturas de encimeras y de acabados en paredes laterales, dimensiones del mobiliario existente, etc. Pero esto no es suficiente, puesto que se necesita obtener información de la estructura del edificio, los espesores y naturaleza de las particiones, alturas de falsos techos, etc. Por ello, se ha procedido a la realización de inspecciones visuales en falso techo, puesto que en esta ocasión se trata de un falso techo desmontable, lo que facilita dicho análisis.

Por consiguiente, el proceso seguido para el análisis de planta baja ha consistido en la inspección del falso techo en distintos puntos estratégicos, para estudiar al completo la estructura del forjado superior, así como las alturas y elementos que conforman las particiones interiores. A continuación se exponen las inspecciones o catas realizadas en el falso techo de planta primera, cuya localización aproximada de inspección puede observarse en la Fig. 22.

Para la realización de las catas que se describirán a continuación, las herramientas que se han utilizado son:

- Cámara de fotos, para la recogida de información visual que permita el estudio y análisis de todos los elementos. Esta herramienta ha sido indispensable, puesto que en algunas ocasiones no se ha podido entrar en los lugares de inspección para observar el interior, teniendo que recurrirse a la introducción de dicha cámara para tomar fotografías y videos del interior, que después se han analizado detenidamente.
- Escalera plegable, para acceder a los puntos de inspección en falso techo. Dicha escalera ha sido cedida por el departamento de Materiales, sito en la Planta Baja del edificio y con almacén en dicha planta.
- Distanciómetro láser y flexómetro, para tomar las medidas o cotas pertinentes. Han sido necesarios ambos medidores, puesto que nos hemos encontrado con lugares donde no hubiera sido posible su medición de no ser por un distanciómetro láser, debido a la altura de la que se trataba. Sin embargo, también se han dado casos en los que no se ha podido medir con el distanciómetro láser, ya sea por el

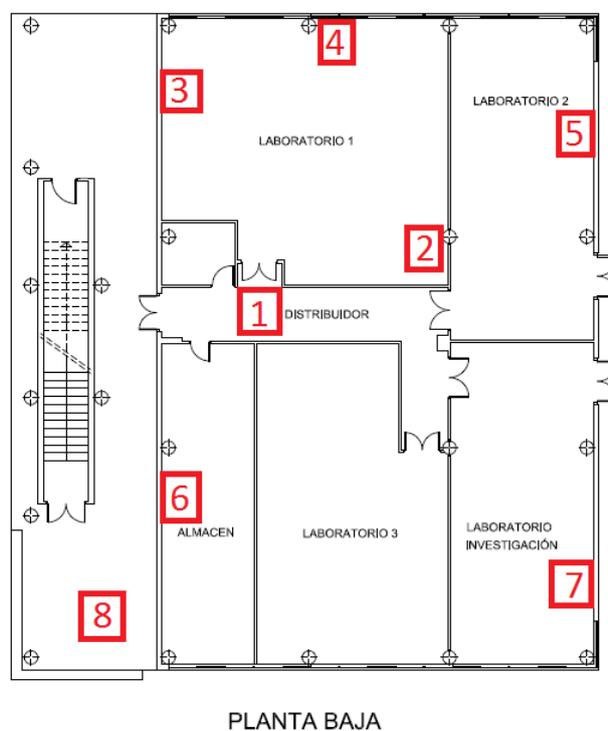


Fig. 22: Esquema de localización de inspecciones realizadas en Planta Baja. (Elaboración propia).

tamaño reducido de las dimensiones a tomar o la naturaleza de los elementos a medir, en los cuales no hubiera sido posible su medición de no ser por el flexómetro empleado.

8.5.2.1.1 Inspección nº 1.

Esta prospección o cata ha consistido en el desmontaje de una placa del falso techo modular registrable del pasillo o distribuidor de Planta Baja, con respectiva inspección visual del mismo para análisis de la estructura y demás elementos presentes. La localización de la cata descrita a continuación puede observarse en el “Esquema de localización de las inspecciones realizadas” mostrado anteriormente, marcada con el número 1.

De esta forma, con ayuda de una escalera se ha accedido al falso techo y se ha desmontado una placa, introduciéndose en el hueco para visualizar el interior del falso techo y tomando las cotas o dimensiones necesarias para la definición de la estructura del edificio. Además de esto, se han tomado fotografías del interior que documenten dicha inspección visual. En la Fig. 23 se muestra un montaje realizado con dos de las fotografías obtenidas tras la Inspección nº 1, cuyo contenido se explica en la descripción de la imagen.



Fig. 23: Ejemplos de fotografías obtenidas en la Inspección nº 1. En la imagen superior se observa la partición central de Planta Baja, que como se observa consiste en una citara de ladrillo hueco doble, que se alarga por toda la altura libre entre forjados. En la imagen inferior se ve la disposición de las viguetas que sustentan el forjado de Planta Primera, así como sus uniones a la viga alveolar existente. (Ambas fotografías de elaboración propia).

A continuación se muestra un listado de los elementos o aspectos del edificio que han sido analizados y definidos con la realización de esta prospección visual:

- Altura del hueco de falso techo, que sumado a la altura libre de planta, nos hace obtener la altura entre forjados del edificio.
- Altura de la partición central de Planta Baja y composición de la misma, definida en la descripción de la Fig. 23, imagen superior.
- Sistema de disposición de viguetas en la zona de análisis, así como las uniones de las mismas a la viga alveolar.
- Cambio en la disposición de las viguetas en la zona del porche.
- Dimensiones de viguetas y vigas.

8.5.2.1.2 Inspección nº 2.

Al igual que la inspección nº 1, la cata consiste en el desmontaje de una placa del falso techo modular de Planta Baja y análisis visual a través del hueco. Pero esta vez la placa desmontada está situada en el Laboratorio 01, junto a uno de los pilares circulares de hormigón armado. Dicha localización puede observarse igualmente en el “Esquema de localización de las inspecciones realizadas” (Fig. 22)

Por consiguiente, el proceso seguido para llevar a cabo la inspección ha sido el mismo descrito en la Inspección nº 1, por lo que no se repetirá en este apartado. A continuación se mostrará únicamente los elementos que se han analizado y definido con la realización de esta cata:

- Unión/apoyo viga alveolar en pilar (Fig. 24, imagen izquierda).
- Altura de pilar circular de HA.
- Dimensiones de viga alveolar.
- Dimensiones de viga de carga en parte trasera (IPE 300).
- Dimensiones de viguetas.
- Cambio en la disposición de viguetas, correspondiente a una nueva dirección de carga del forjado en la parte trasera del edificio, al igual que sucedía en la parte delantera (porche). Dichos cambios en la dirección de carga de las viguetas serán definidos con detalle en apartados posteriores (Fig. 24, imagen derecha inferior).
- Definición de la composición y las dimensiones de la partición de ladrillo H/S que separa el Laboratorio 01 y el Laboratorio 02 (Fig. 24, imágenes superiores derecha).
- Unión de las particiones con los pilares HA, mediante perfil metálico (Fig. 24, imagen superior derecha).



Fig. 24: Montaje de fotografías obtenidas tras la inspección nº 2. En las presentes se observan los elementos que se han analizado en esta cata, mencionados a la izquierda. (Fotografías de elaboración propia).

8.5.2.1.3 Inspección nº 3.

Una vez más, la cata consiste en el desmontaje de una placa del falso techo modular de Planta Baja, situada nuevamente en el Laboratorio 01, pero esta vez próxima a un saliente observable en una de las paredes laterales, a modo de pilar. La localización de esta prospección ha sido ésta porque se intuye que dicho saliente será un falso pilar, puesto que no coincide con la cuadrícula lógica de pilares que se cree que tendrá el edificio. Por consiguiente, se ha realizado esta cata para confirmar que se estaba en lo cierto, y que dicho saliente es un falso pilar creado para el paso de instalaciones, tal y como puede observarse en las fotografías presentadas en la Fig. 25.

No obstante, además de la comprobación de que se estaba en lo cierto en cuanto a las sospechas de existencia de un falso pilar para paso de instalaciones, se ha aprovechado esta cata para analizar otros elementos, entre los que se pueden destacar los siguientes:

- Dimensiones y composición del falso pilar.
- Análisis del cerramiento de fachada.
- Altura del tabique interior de yeso laminado que forma parte del cerramiento de fachada.
- Cambio en dirección de carga de las viguetas, que sucede exactamente en la localización de esta inspección, donde nos encontramos una viga de carga IPE 300.
- Dimensión de la viga de carga situada en dicha localización (IPE 300).



Fig. 25: Fotografías obtenidas en la Inspección nº 3. En las imágenes se puede observar el falso pilar para paso de instalaciones del que se habla en el presente apartado. (Elaboración propia).

8.5.2.1.4 Inspección nº 4.

Esta inspección vuelve a consistir en el desmontaje de una placa del falso techo y análisis de su interior, nuevamente situada en Laboratorio 02, pero próxima al cerramiento que conforma la fachada sur del edificio.

Esta vez, los elementos analizados han sido los siguientes:

- Composición del cerramiento de fachada (Fig. 26).
- Dimensiones y disposición de los perfiles auxiliares de sujeción de las placas de fachada (perfiles tubulares 40x40x2mm).
- Altura del tabique interior de yeso laminado en cerramiento de fachada, respecto del falso techo. (Fig. 26, imagen inferior).
- Disposición y dimensiones de perfiles que resuelven el vuelo del forjado, observables en las fotografías presentadas, Fig. 26.
- Espesor de la cámara de aire existente en el cerramiento de fachada.



Fig. 26: Montaje realizado a partir de las fotografías obtenidas de la inspección nº 4. En estas se observan los elementos que se han analizado en dicha inspección. (Elaboración propia).

8.5.2.1.5 Inspección nº 5.

Al igual que se ha realizado en la Inspección nº 4, donde se analizaba el cerramiento de fachada lateral (fachada sur), se ha realizado una prospección o cata en el falso techo del Laboratorio 02, desmontando una placa próxima al cerramiento que conforma la fachada trasera del edificio (fachada este). La localización explicada puede observarse gráficamente en el “Esquema de localización de inspecciones realizadas” (Fig. 22) Con la realización de esta inspección se ha deducido que el sistema de cerramiento de fachada es el mismo, ayudándonos la misma para conseguir definir por completo dicho sistema.



Fig. 27: Cámara de aire en cerramiento de fachada. (Elaboración propia).

Por consiguiente, se puede hacer un listado de los elementos estudiados en esta inspección, observables también en el montaje de fotografías obtenidas en esta cata, mostrado en la Fig. 28:

- Comprobación del sistema de cerramiento existente, para contrastar con las dimensiones tomadas ya en anteriores inspecciones.
- Comprobación del sistema de anclaje de la fachada a la estructura del edificio, mediante soldadura de sus perfiles a la estructura metálica.
- Dimensiones de las capas que conforman el cerramiento de fachada: placas, perfiles auxiliares, cámara de aire (Fig. 27), tabique interior de yeso laminado, etc.
- Disposición de las viguetas en parte trasera del edificio, comprobando que se repite la disposición existente en la parte delantera (porche), ya que las luces son iguales, por lo que el sistema de distribución o dirección de las viguetas ha sido el mismo.
- Disposición y dimensiones de los perfiles metálicos que resuelven el vuelo del forjado (IPE 120).



Fig. 28: Fotografías obtenidas en la inspección nº 5. En las mismas se observa la composición del cerramiento de fachada, así como sus anclajes a la estructura del edificio y los perfiles IPE 120 que resuelven el vuelo del forjado. (Elaboración propia).

8.5.2.1.6 Inspección nº 6.

La Inspección nº 6, por la localización en la que se encuentra, es muy similar a la inspección nº 3. Como se puede observar en el “Esquema de localización de inspecciones” mostrado al principio del presente apartado, dichas catas se encuentran en situaciones prácticamente opuestas, cada una en una mitad del edificio, por lo que los resultados son muy similares. Esto se debe a la simetría casi total que presenta la estructura del edificio. Pero como se ha indicado, dicha simetría no es una simetría total, sino que, debido a la escalera de acceso a la segunda planta, existen algunas diferencias entre las dos mitades de la estructura.

Por consiguiente, se ha procedido al desmontaje de una placa de techo en la localización indicada (Almacén de Planta Baja) con motivo de averiguar cómo está resuelto el brochal existente en la estructura del porche, que será definido de forma exhaustiva más adelante en el presente documento. No obstante, en la Fig. 29 puede observarse una fotografía del mismo, a partir de la cual se ha analizado y definido dicho brochal para su modelado.



Fig. 29: Fotografía obtenida en Inspección nº 6. En esta fotografía se observa el brochal que resuelve el hueco de la escalera, consistente en el montaje de dos perfiles IPE superpuestos. (Elaboración propia).

8.5.2.1.7 Inspección nº 7.

Al igual que sucede con las inspecciones nº 3 y nº 6, la inspección nº 7 se ha llevado a cabo en la misma localización que la Inspección nº 5, pero en la mitad opuesta del edificio. Por tanto, se ha procedido al desmontaje y análisis de una placa de techo en la situación opuesta a la inspección nº 5, concretamente dentro del Laboratorio de Investigación de Planta Primera. El motivo por el que se ha elegido dicha localización es comprobar si existe una simetría total en esta zona del edificio.

De esta manera, se ha procedido a realizar el análisis del falso techo en la localización indicada, obteniendo como conclusión que en este caso sí que existe una simetría total en la estructura del edificio, puesto que no hay ningún hueco en el forjado que lo impida, como sucede en la parte delantera del edificio. Por ello, los resultados obtenidos en esta cata han sido los mismos especificados en la Inspección nº 5.

8.5.2.1.8 Inspección nº 8.

Una vez analizado el interior de Planta Baja, se ha procedido al estudio y análisis de todos los elementos que componen el porche existente en la fachada de acceso del edificio (Fachada Este). Para esto, se ha comenzado por un análisis y medición de su exterior, seguido de una inspección del falso techo, mediante la cata que se describirá a continuación.

El techo del Porche o Hall de entrada del edificio consiste en un falso techo de lamas longitudinales para exteriores, no registrable. Por tanto, no ha sido posible proceder como en el interior de la planta, donde el techo sí que era registrable. No obstante, se ha detectado que en el nombrado techo de lamas existe una ranura generada por la rotura y caída de una de las lamas que lo componen, generando un hueco de apenas 10 cm de ancho, pero que se alarga por todo el techo del porche, en sentido transversal. De esta forma, se ha decidido



Fig. 30: Fotografías de localización de la Inspección nº 8. En ellas puede observarse la lama que falta en el falso techo, y que se ha aprovechado para analizar el mismo. (Elaboración propia).

analizar el falso techo del Porche mediante esa apertura, cuya localización puede observarse tanto en el “*Esquema de localización de inspecciones realizadas*” de la Fig. 22 como en las fotografías mostradas en la Fig. 30. El proceso seguido para analizar el falso techo a través de esta pequeña ranura se expone con detalle a continuación.

Debido a las reducidas dimensiones del hueco, no ha sido posible introducirse en el falso techo para observar su interior, como se realizaba en las inspecciones del falso techo interior. Por consiguiente, se ha introducido únicamente una cámara de fotos, grabando videos de su interior, desde distintos puntos de la ranura o hueco, y enfocando lentamente hacia todas las direcciones. Para ello nos hemos ayudado de una escalera plegable, al igual que se ha realizado para las catas realizadas en el falso techo interior del edificio.

Una vez realizados varios videos desde distintos puntos del hueco, se han analizado cada uno de ellos y se han obtenidos capturas o instantáneas a partir de los mismos, para documentar los resultados del análisis realizado. En la Fig. 31 se pueden observar algunas de las capturas fotográficas obtenidas, aunque hay que decir que la calidad de las mismas no es muy alta, puesto que proceden de capturas generadas a partir de un video, y además, de un video grabado con una cámara de calidad de grabación limitada.



Fig. 31: Instantáneas obtenidas a partir de los videos generados en la Inspección nº 8. En estas se observa la unión de la perfilería de fachada a la estructura, la disposición o dirección de carga de las viguetas y la unión entre viga y pilar, describiéndolas de izquierda a derecha. (Elaboración propia).

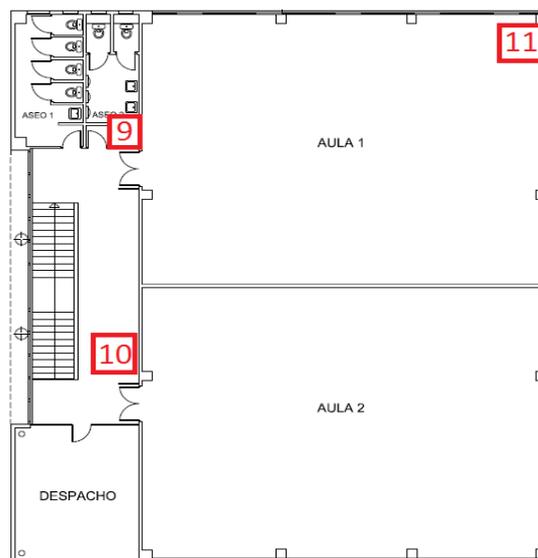
De esta forma, siguiendo con el proceso seguido para la descripción del resto de inspecciones, se desarrollará a continuación un listado con los elementos que se han estudiado en esta cata:

- Altura libre de planta y altura de falso techo, mediante la utilización del distanciómetro láser, introduciendo el puntero por la ranura de inspección.
- Definición y alturas de los pilares circulares de HA existentes en el Porche.
- Dirección de carga de las viguetas en la zona de análisis, visualizados anteriormente en catas anteriores.
- Definición de uniones viguetas-vigas y vigas-pilares.
- Comprobaciones de la composición y anclajes del cerramiento de fachada.

8.5.2.2 Inspecciones Planta Primera.

Al igual que en Planta Baja, se ha comenzado con un análisis de la superficie útil de la planta, con medición y definición de todos los elementos con posibilidad de medición directa. Con ello se han obtenido las cotas interiores de la planta, las alturas de ventanas y puertas, las alturas libres entre solería y falsos techos, y toda la información descrita en el apartado anterior. Pero al igual que sucedía en la planta baja, con esto no es suficiente, por lo que se ha procedido a un análisis más exhaustivo de la planta, mediante la realización de inspecciones puntuales en lugares estratégicos.

En este caso, y puesto que ya se puede deducir mucha información de las inspecciones de planta baja, únicamente se han realizado inspecciones en tres puntos, de los cuales dos de ellos se refieren al falso techo de Planta Primera y el último consiste en un análisis visual del cerramiento de fachada, aprovechando una apertura existente en el recubrimiento de uno de los pilares de esquina (P 17). Esto se debe a que se ha considerado suficientemente definida la estructura del forjado de cubierta con esas tres inspecciones visuales realizadas. Dichas inspecciones se explicarán más detalladamente a continuación en el presente apartado, y la localización de cada una de ellas puede observarse en el esquema plasmado en la Fig. 32.



PLANTA ALTA

Fig. 32: Esquema de localización de inspecciones realizadas en Planta Primera. (Elaboración propia).

En cuanto a herramientas empleadas, han sido utilizadas las mismas que en planta primera. De este modo, se han empleado como herramientas una cámara de fotos, una escalera plegable, un distanciómetro láser y un flexómetro, además de libreta y lápiz para realizar las anotaciones precisas.

8.5.2.2.1 Inspección nº 9.

Tal y como se observa en el “Esquema de localización de inspecciones de planta primera” aportado anteriormente, la primera inspección o cata realizada en Planta Primera (Inspección nº 9) se localiza en el aseo masculino. Esto se debe a que en dicho aseo se encuentra la trampilla de acceso a la cubierta, que atraviesa el falso techo de planta primera, haciendo posible el análisis del mismo. En la Fig. 33 puede observarse la nombrada trampilla de acceso a la cubierta, a la que se ha accedido tanto para el análisis de la cubierta, que se describirá en el siguiente apartado del presente documento, como para el estudio de la estructura que sustenta el forjado



Fig. 33: Fotografías de la trampilla de acceso a la cubierta. En las imágenes puede observarse una vista desde Planta Primera, a la izquierda, y otra desde la cubierta, a la derecha. (Elaboración propia).

de cubierta, que es el objeto de la cata que nos encontramos describiendo. En la fotografía de la derecha, correspondiente a una vista superior de la trampilla de acceso a cubierta, se puede observar que dicha trampilla está abierta en el tramo que atraviesa el falso techo de la Planta Primera, lo que hace posible la realización de esta inspección o cata.

De esta forma, la Inspección nº 9 consiste en el análisis del falso techo de Planta Primera, mediante el cual se ha analizado, medido y definido los siguientes elementos:

- Altura de falso techo, lo que sumado a la altura libre de planta nos proporciona la altura entre forjados.
- Estudio y definición de la estructura que sustenta el forjado de cubierta, que será definido de forma expresa en el correspondiente apartado posterior del presente documento, aunque cabe adelantar que consiste en la disposición de vigas y cerchas metálicas, sobre las que descansan las viguetas (IPE 200), tal y como puede observarse en la Fig. 34.
- Disposición de las viguetas y separación entre ellas.
- Dimensiones de todos los elementos que componen la estructura: Vigas, viguetas, cerchas, perfiles de refuerzo, chapa colaborante, etc.
- Dimensionado y disposición de los perfiles de refuerzo en la estructura, para cuelgue de instalaciones.
- Espesor del forjado de cubierta, analizado más adelante en el presente apartado.
- Composición y dimensiones de las particiones de Planta Primera, observable también en la Fig. 34.
- Composición del cerramiento de fachada. Separación entre perfiles auxiliares, anclajes a la estructura del edificio, etc.



Fig. 34: Recopilación de fotografías obtenidas en la inspección nº 9. Se presentan estas fotografías a modo de ejemplo de los resultados obtenidos en dicha inspección, donde se pueden observar algunos de los elementos definidos en la misma. (Elaboración propia).

Además, con esta inspección ha sido posible averiguar el espesor de la losa que forma el forjado de cubierta, consistente en un forjado de chapa colaborante que descansa sobre una estructura metálica de cerchas, vigas y viguetas. En este caso el espesor de la losa se ha establecido en 15 cm, que se obtiene del análisis de las cotas tomadas en el hueco del forjado realizado para la mencionada trampilla de acceso a cubierta. En la Fig. 35 se observa un croquis de análisis, a partir del cual se ha obtenido dicho espesor. Este espesor se ha tomado como referencia para el modelado de todos los forjados del edificio.

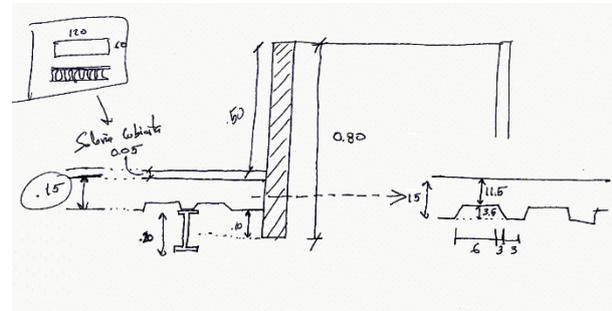


Fig. 35: Croquis de análisis de forjado de cubierta. En este dibujo pueden observarse las cotas interiores y exteriores de la trampilla y el espesor del forjado, que se ha sacado por deducción a partir del resto de cotas tomadas. (Elaboración propia).

8.5.2.2.2 Inspección nº 10.

Tras el análisis de la estructura realizado en la inspección nº 9, se intuía que la disposición de la cercha detectada se repetiría en el lado opuesto del forjado, es decir, se deducía casi de una forma clara que la estructura del forjado de cubierta era simétrica a partir del eje central del edificio. No obstante, para la comprobación de dicha deducción se ha realizado la inspección nº 10, consistente en el desmontado

de una placa del falso techo modular del Hall de Planta Primera, procediendo de la misma forma que en Planta Baja y ayudándose de una escalera plegable.

Una vez realizada la inspección, se ha obtenido como resultado que se estaba en lo cierto, la estructura de Planta Primera es perfectamente simétrica respecto al eje central del edificio. Dicha simetría podrá observarse en los croquis de estructuras que se presentarán en apartados posteriores del documento, así como en la planimetría de estado actual que se generará.

8.5.2.2.3 Inspección nº 11.

Como última inspección realizada en la Planta Primera, se puede citar la Inspección nº 11, que consiste en análisis de uno de los pilares, gracias a un orificio que presenta en el recubrimiento del mismo.

Como se observa en la localización gráfica de esta inspección, el pilar analizado es el de la esquina posterior izquierda del Aula 0.1, en el cual se ha detectado un hueco en su recubrimiento, lo que ha hecho posible la introducción de una cámara de fotos por el mismo, para observar el interior del mismo y tomar medidas de los elementos existentes. En la Fig. 36 se puede observar el orificio por el cual se ha realizado la cata.



Fig. 36: Fotografías de localización de la Inspección nº 11. En estas fotografías se observa el orificio que presenta el recubrimiento del pilar, a través del cual se han medido elementos del interior y se han tomado fotografías que documenten los resultados. (Elaboración propia).

De este modo, a continuación se presenta un listado de los elementos que han sido analizados y definidos con la realización de la presente cata o inspección:

- Dimensiones pilares Planta Primera (HEB 200).
- Sistema de recubrimiento de pilares.
- Espesores de las capas presentes en el cerramiento de fachada: tabique de yeso laminado interior, cámara de aire y perfiles auxiliares.
- Análisis del método de sujeción de la fachada a la estructura, mediante el anclaje de sus perfiles al pilar.
- Dimensiones de los perfiles de que sustentan las placas de fachada.
- Dimensiones de los perfiles que conforman el tabique interior de yeso laminado, así como el recubrimiento del pilar.



Fig. 37: Conjunto de fotografías obtenidas en la Inspección nº 11. En estas se observan los elementos analizados en dicha inspección: Pilar HEB 200, recubrimiento de pilar, perfiles auxiliares del cerramiento de fachada, unión de perfiles al pilar. (Elaboración propia).

8.5.2.3 Inspecciones cubierta.

Para el análisis y definición constructiva de la cubierta se ha accedido a la misma mediante la trampilla de acceso descrita anteriormente en la Inspección nº 9 (Apartado 8.5.2.2.1). Dicha trampilla es el único modo de acceder a la cubierta, por lo que tras pedir permiso en la escuela para acceder a la cubierta, se ha abierto la trampilla y se ha accedido a la misma para llevar a cabo su medición y análisis constructivo.

En la Fig. 39 se pueden observar las anotaciones y bocetos realizados durante la inspección descrita, a partir de los cuales se han estudiado y definido los elementos que constituyen la cubierta, para tenerlo en cuenta a la hora de elaborar la maqueta virtual.

Para llevar a cabo su análisis, ha sido suficiente con una inspección visual de la planta de cubierta, mediante la cual se han tomado medidas en planta, altura y espesor del pretil perimetral, situación de la trampilla de acceso a la cubierta, alturas totales del edificio con la ayuda del distanciómetro láser, análisis y definición de la solería de acabado de la misma, análisis del canalón central para desagüe de la cubierta, etc. No obstante, todos los resultados obtenidos tras la nombrada inspección pueden observarse en el posterior apartado 9.1.3. *Sistema envolvente*, donde se define con mayor detalle los elementos existentes en la misma.

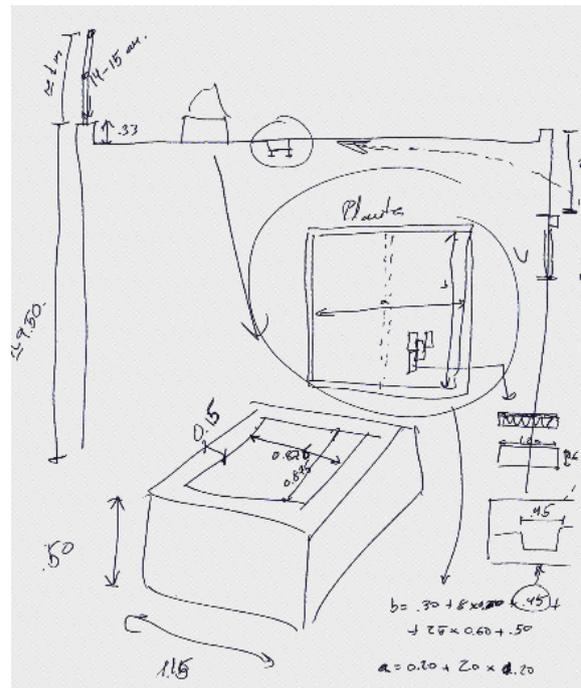


Fig. 38: Anotaciones y bocetos realizados durante la inspección de la cubierta. (Elaboración propia).



Fig. 39: Fotografía de Cubierta. Puede observarse la trampilla de acceso a cubierta, el canalón central de desagüe, el pretil perimetral y la barandilla, así como la solería de acabado de cubierta. (Elaboración propia).

Finalmente, a modo de conclusión de esta "Fase 2: Toma de datos y análisis constructivo", cabe remarcar que el objetivo de este apartado es la descripción de la metodología de trabajo empleada para llevar a cabo el análisis constructivo de un edificio existente. Por consiguiente, y tal y como se introducía en los inicios de este apartado, los datos obtenidos han sido rigurosamente analizados, desembocando en la definición constructiva del edificio, que se recogerá con especial detalle en el posterior apartado 9.1 "DEFINICIÓN CONSTRUCTIVA A PARTIR DE LOS DATOS OBTENIDOS. RESULTADOS FASE 1 Y 2". Además, también podrán observarse los resultados de esta fase en la planimetría de estado actual generada.

8.6 FASE 3: ELABORACIÓN DEL MODELO VIRTUAL DEL EDIFICIO.

Una vez terminada la fase de análisis del edificio y recopilación de información, se da comienzo al modelado del mismo mediante una plataforma de modelado arquitectónico BIM. Por ello, este apartado es de vital importancia en el presente proyecto, puesto que es aquí donde se establece la metodología específica para abordar un modelado BIM de un edificio existente, pasando por la elección del software BIM, la preparación del proyecto, la definición de archivos de trabajo, la implantación del sistema de coordenadas a emplear, el modelado del emplazamiento, etc. Todos esos aspectos nombrados son de vital importancia para realizar un correcto modelado, que sea legible por terceros y que sirva para posteriores incorporaciones o utilidades del mismo, para cualquiera de los fines que pueden darse a un modelo BIM. Por ello, a continuación se establece una metodología de trabajo que puede servir para abordar el modelado BIM de cualquier edificio, ya sea nuevo o existente, y que en este caso está aplicada a un caso real de modelado de edificio existente, desarrollando una reproducción BIM del edificio estudiado: Edificio de Laboratorios de la E.T.S.I.E.

Es necesario afirmar que para la elaboración de esta metodología de trabajo se ha tenido muy en cuenta lo establecido en los Documentos 2 y 3 de las Guías uBIM¹⁵. Pero estas guías contienen una información muy teórica, por lo que con el desarrollo de la metodología del presente proyecto, se ha intentado crear una forma de trabajo más específica, referente al modelado de edificios existentes y con empleo de una plataforma BIM específica, que en nuestro caso ha sido Allplan, tal y como se expone en el siguiente apartado.

8.6.1 Elección del software BIM. Allplan 2015.

En la actualidad existen numerosas plataformas de modelado BIM, entre las que pueden destacarse Allplan, perteneciente a la compañía Nemetschek; Revit, de Autodesk; y ArchiCAD, de Graphisoft. No obstante, existen otras aplicaciones de diseño BIM cualificadas para dichos procesos, aunque las más desarrolladas actualmente en el mercado son las que se han enumerado.

En este caso, ha sido seleccionada la plataforma BIM Allplan Arquitectura, en su versión 2015. Se trata de una aplicación de origen alemán, creada en 1984 por el ingeniero alemán Georg Nemetschek, que da nombre a la compañía que la suministra. Su compañía la define como un software BIM de alto rendimiento con el que se puede diseñar y realizar todas las etapas de un proyecto constructivo. Además, junto con Allplan BCM y Cinema 4D, ambas pertenecientes también a Nemetschek, consiste en una solución integrada única para arquitectura, planificación y cálculo de costes y presentaciones.

De esta forma, se ha solicitado una versión gratuita para estudiantes de dicho programa, denominada Licencia Campus, mediante la cual se tiene acceso a la totalidad de la aplicación, exceptuando únicamente el módulo de ingeniería del mismo.

¹⁵ Las guías uBIM son las únicas guías de trabajo con tecnología BIM existentes en España, elaboradas por la asociación buildingSMART. Los documentos 2 y 3 hacen referencia a “Modelado de Estado Actual” y a “Diseño Arquitectónico”, respectivamente. Éstas son los únicos estándares de trabajo con tecnología BIM que se encuentran desarrollados actualmente, por lo que se ha atendido a las mismas para abordar la metodología empleada en el presente proyecto.

8.6.2 Creación del proyecto y definición de estructura de pisos.

Tras la elección de la plataforma BIM a emplear para la realización del modelado de estado actual, se procederá a la explicación de una metodología de trabajo específica para el programa en cuestión, que tal y como se expone en el apartado anterior, será el software BIM Allplan 2015, de Nemetschek.

Por tanto, en primer lugar se creará un nuevo proyecto en el directorio de Allplan, al que llamaremos “Campus Reina Mercedes”, puesto que como ya se ha informado anteriormente, en este proyecto se abordará únicamente el modelado BIM del Edificio de Laboratorios de la ETSIE, pero se pretende dejar preparado el archivo para posteriores incorporaciones. Así, se modelará en una primera instancia el resto de edificios como simples volúmenes 3D, para crear un modelo de emplazamiento que con el tiempo se podría ir desarrollando, hasta obtener un proyecto en el que todos los edificios del Campus Universitario se encuentren perfectamente modelados y documentados, lo cual tendría un uso extraordinario para la gestión del mantenimiento del campus, así como una documentación de estado actual para posibles reformas posteriores de alguno de los edificios.

A continuación, al proyecto habrá que asignarle una *Estructura de Edificación o Estructura de pisos*, la cual se desarrollará en el *Gestor de planos proyectivos* de Allplan, definiendo los niveles de forjado de las distintas plantas. Dicha definición sirve para establecer los planos estándares de referencia C.I. y C.S.¹⁶, que después se emplearán para modelar todos los elementos constructivos del edificio. Por consiguiente, como ya se tienen definidas todas las alturas del edificio tras los análisis y tomas de datos descritos en apartados anteriores, se procederá a la definición de una estructura de pisos específica para nuestro modelo (Fig. 40). Hay que decir que dicha estructura de pisos puede ser modificada en cualquier momento posterior y que pueden asignarse distintas estructuras para cada uno de los edificios que conforman el Campus, lo que facilitará el modelado de cada uno de los edificios del mismo.

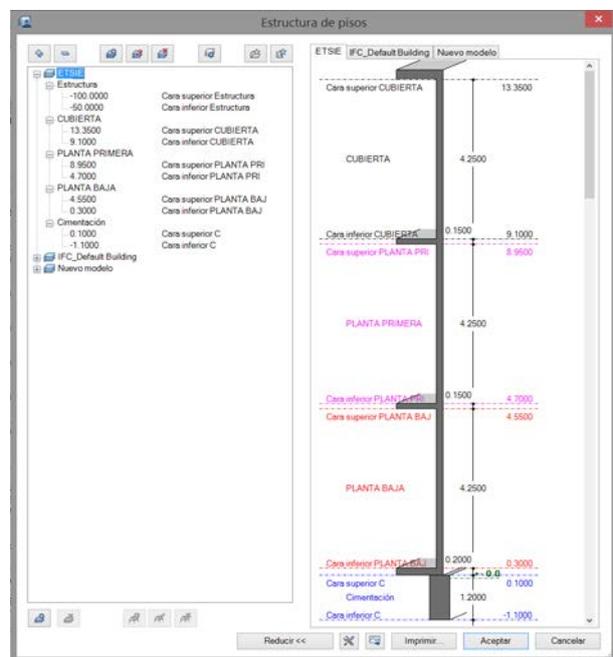


Fig. 40: Estructura de pisos del Edificio Laboratorios de la ETSIE. En esta imagen se puede observar la estructura de pisos que se le ha asignado al proyecto, que refleja las cotas de los forjados presentes en nuestro edificio, así como las alturas libres entre plantas. (Imagen obtenida del Gestor de Planos Proyectivos de Allplan 2015, elaboración propia).

Como anotación para abordar cualquier modelado BIM, ya sea de edificios existentes o de edificios nuevos, se recomienda siempre el trabajo con planos estándares de referencia C.I. y C.S., y modelar cada uno de los elementos del edificio con relación a dichos planos de referencia, puesto que, aunque se podría trabajar con cotas absolutas, es mucho más ventajoso y eficaz el trabajo con dichos planos de referencia. Una de las ventajas que puede presentar esta forma de trabajo es la posibilidad de

¹⁶ C.I. y C.S. hacen referencia a los niveles estándares de referencia Inferior y Superior, respectivamente. El plano estándar C.I. coincide con la cara superior del forjado de suelo de una planta, y el plano estándar C.S. se sitúa en la cara inferior del forjado de techo en una planta. Dichos planos sirven para introducir cualquier elemento constructivo con referencia en dichos planos, de forma que si se cambia la estructura de pisos del archivo cambiarán todos los elementos modelados, ajustándose a la nueva estructura definida.

cambiar en cualquier momento las alturas libres del edificio, y las cotas de altura del mismo, ajustando todos los elementos modelados a las nuevas dimensiones de una forma automática, cosa que no sería posible si se trabajase con cotas en valor absoluto.

8.6.3 Organización del proyecto. Definición de archivos de trabajo.

Una vez creado el proyecto y definida la *Estructura de Pisos*, se debe proceder a la organización del proyecto a nivel de archivos de trabajo, punto que tiene una importancia esencial para la elaboración de un modelo correcto y perfectamente organizado, que haga posible su transferencia y entendimiento por parte de cualquier otro técnico que pretenda utilizar o ampliar el modelo. Por ello, se comenzará por explicar la forma en que se organizan los archivos en la plataforma BIM que se ha seleccionado.

En Allplan se trabaja por archivos, siendo posible asignar un total de 9.999 archivos por cada proyecto. Dichos archivos pueden organizarse mediante la creación de distintos campos, como si de carpetas se tratase. En primer lugar existe el rango de *Proyecto*, donde aparece el nombre del mismo, en nuestro caso "Campus Reina Mercedes". Dentro del proyecto, se pueden crear unas subcarpetas o niveles de menor rango denominadas *Edificios*, que será la entidad con la que se crearán los distintos edificios que conforman el Campus Universitario. Y por último, dentro del rango de *Edificio* se pueden crear *Plantas*, que harán referencia a cada una de las plantas que conforman el edificio en cuestión. Además, dentro de cada Planta se introducirán *Archivos de trabajo*, pudiendo estructurar dichos archivos de la forma que se quiera, dividiendo, por ejemplo, por capítulos, de forma que se cree un archivo para estructura, otro para albañilería, otro para la envolvente, etc. Esta estructura permite la visualización de todo un complejo urbanístico decidiendo en cada momento lo que se quiere ver y modificar, y pudiendo ocultar lo que no interese en el momento de trabajar con el modelo. Esto hace posible el trabajo en grandes conjuntos de edificios, como sería el caso de nuestro Campus Universitario, aunque en el presente proyecto solo se haya trabajado con uno de los edificios del mismo.

Mediante esta estructuración empleada por Allplan, se pueden ocultar o mantener como archivos modificables los que se deseen, haciendo posible, por ejemplo, el trabajo en la estructura de una planta de un edificio perteneciente a un complejo urbanístico. No obstante, incluso dentro de cada archivo, existe a su vez la posibilidad de personalizar y visualizar el tratamiento de los elementos constructivos o modos de representación de los mismos. Esto se consigue aplicando la *Estructura de Layers*, ya que cada uno de los elementos que se modelan con el programa Allplan, se crean en una capa o layer específica, que es la que proporciona la entidad al elemento y permite gestionar su representación en los planos posteriores.

De esta forma, se ha creado una organización del proyecto con respecto a lo explicado anteriormente, que puede verse reflejada en la Fig. 41 y 42, obtenida del gestor de archivos de Allplan.

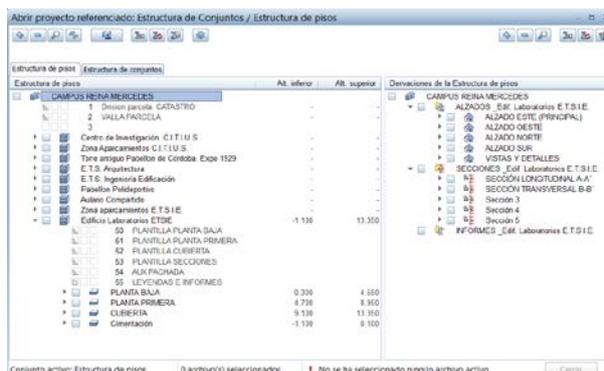


Fig. 41: Organización del Proyecto en Allplan. (Imagen obtenida del Gestor de Archivos del programa Allplan 2015, elaboración propia).

Como puede observarse en las imágenes adjuntas, se ha creado un rango estructural *Edificio* por cada uno de los inmuebles que conforman el Campus Universitario Reina Mercedes. Además, cuando llegamos al Edificio de Laboratorios de la ETSIE, que es el que se modelará de forma exhaustiva, se ha realizado una estructuración interior mediante *Plantas*, que a su vez se organizan por *archivos*, creando por un lado una serie de archivos de trabajo generales para todas las plantas, y por otro lado una serie de archivos específicos por cada planta. Así, en cada planta del mismo se ha establecido un archivo para los forjados, otro para la albañilería de la planta en cuestión, otro para la estructura, otro para el cerramiento de fachada, así como cualquier otro para elementos que se ha creído oportuno separar en archivos específicos. Dicha estructuración puede observarse en la Fig. 42. Además, también se han reservados archivos para la elaboración de alzados, secciones y vistas del edificio, los cuales se encuentran en la parte de *Derivaciones de la estructura de pisos* (parte derecha de la imagen nombrada anteriormente).

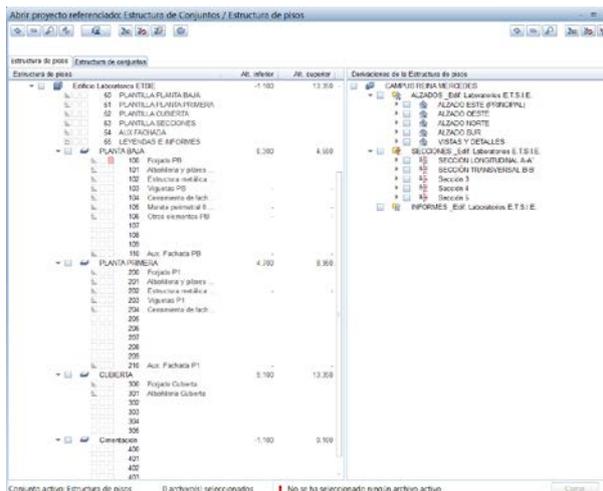


Fig. 42: Organización de archivos del Edificio de Laboratorios de la ETSIE. (Imagen obtenida del Gestor de Archivos del programa Allplan 2015, elaboración propia).

Para la asignación de los archivos de trabajo se ha intentado seguir un criterio claro y que no induzca a confusión. Por tanto, puesto que el programa cuenta con 9.999 archivos, se ha reservado un rango de 1000 archivos para cada edificio del campus, de forma que es suficiente con ver el número de archivo en el que se trabaja para saber en qué edificio nos encontramos. Dicha asignación de archivos realizada puede observarse a modo de resumen a continuación:

Nº de archivo	Contenido del archivo
0 - 999	Edificio de Laboratorios de la ETSIE (Edificio a modelar)
0 – 99	Archivos auxiliares de trabajo (plantillas, leyendas, informes...)
100 – 199	Planta Baja (Edif. Lab. ETSIE)
200 – 299	Planta Primera (Edif. Lab. ETSIE)
300 – 399	Cubierta (Edif. Lab. ETSIE)
400 – 499	Cimentación (Edif. Lab. ETSIE)
500 – 599	Alzados (Edif. Lab. ETSIE)
600 – 699	Secciones (Edif. Lab. ETSIE)
1000 – 1999	Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
2000 – 2999	Escuela Técnica Superior de Arquitectura
3000 – 3999	Aulario compartido E.T.S.I.E. + E.T.S.A.
4000 – 4999	Pabellón polideportivo.
5000 – 5999	Torre antiguo Pabellón de Córdoba. Expo 1929
6000 – 6999	Aparcamientos de la E.T.S.I.E.
7000 – 7999	Centro de Investigación C.I.T.I.U.S.
8000 – 8999	Aparcamientos C.I.T.I.U.S.

Tabla 1: Reservas de archivos en proyecto “Campus Reina Mercedes”. (Elaboración propia).

Por consiguiente, tal y como se observa en el resumen de reserva de archivos presentado, con el presente proyecto se trabajará en el rango de archivos reservado para el Edificio de Laboratorios de la E.T.S.I.E. (0 - 999), que es el único que se ha desarrollado de forma pormenorizada, para abordar el

modelado de estado actual del mismo. En cuanto al resto de rangos, únicamente se ha empleado un archivo por cada uno de ellos, en el cual se ha incorporado la volumetría básica del edificio para configurar el modelo de emplazamiento, que se explicará con detalle en el posterior apartado 8.6.5 del presente documento. Sin embargo, con la organización dada al proyecto, cuando se quiera incorporar cualquier otro edificio del campus al proyecto, lo único que habrá que realizar es la definición pormenorizada de archivos dentro del rango reservado para él, asignar una Estructura de Pisos y comenzar a trabajar en su modelado. De esta forma, se podría conseguir que algún día la Universidad de Sevilla cuente con un único proyecto BIM, en el que se defina por completo todos los edificios del Campus Reina Mercedes, como se ha comentado en varias ocasiones en el presente documento.

8.6.4 Sistema de coordenadas y unidades de medida.

Tras la creación y organización del proyecto, un aspecto muy importante a definir es el sistema de coordenadas que se empleará en el mismo, así como las unidades de medida a emplear.

Atendiendo a lo establecido en el *Documento 2: "Modelado de Estado Actual"* de las Guías uBIM, diseñar conforme a los sistemas de coordenadas de la Administración puede no ser recomendable, debido a que el origen puede estar muy lejano y eso puede acarrear problemas para algunas aplicaciones software. De esta forma, la guía recomienda definir un sistema de coordenadas local, de forma que el área completa afectada por la construcción tenga coordenadas positivas (quedando en el primer octante), ya que el empleo de coordenadas negativas puede causar problemas en el levantamiento de los mismos.

Por consiguiente, se ha definido un sistema de coordenadas específico para este proyecto, en el que el punto de origen se situará en un punto cercano a la zona de modelado, pero de forma que siempre tengamos nuestro modelo en coordenadas positivas. Si visualizamos el modelo en planta, el origen de dicho sistema de coordenadas se ha situado en la esquina inferior izquierda del modelo realizado.

En cuanto a la situación del eje Z, se ha establecido el punto $Z = 0$ en el plano formado por el solado de la zona de aparcamientos, estableciendo dicho plano como cota ± 0.00 . Así, el modelo del edificio realizado se ha generado con respecto a dicha cota absoluta (± 0.00), presentando una cota suelo de planta baja de $+ 0.30$ m y una cota de altura máxima de $+ 9.50$ m, en el pretil de cubierta.

8.6.5 Modelado del Emplazamiento. Campus Universitario Reina Mercedes.

Tras la lectura y análisis de la guía uBIM citada en el apartado anterior (*Documento 2: "Modelado del Estado Actual"*), se observa que es necesario, o al menos muy recomendable, la realización de un modelo de emplazamiento que sitúe el edificio que se va a modelar dentro de su entorno. Además, en este caso, puesto que ya se tiene el archivo preparado para la incorporación del resto de edificios del campus, se ha considerado muy interesante la realización de un modelo de emplazamiento, de forma que se definan volumétricamente todos los edificios de la parcela, que serán susceptibles de un posterior desarrollo BIM cuando se quiera. Además, dicho modelado sirve para situar exactamente el edificio de estudio en su entorno, aclarando sus separaciones y demás relaciones con el resto de edificios del campus, así como posibles servidumbres con los mismos, etc.

De esta forma, se ha atendido a lo establecido en la citada guía de usuarios BIM, en la que se establece que el modelo de emplazamiento tiene que ser como mínimo un modelo de superficies 3D, incluyendo los edificios, calles y demás elementos que se consideren necesarios para definir el entorno que rodea al edificio en cuestión.

Para la elaboración de dicho modelo, se han empleado los modelos tridimensionales que se encuentran cargados en la Biblioteca de Elementos 3D de Google: “3D Warehouse”¹⁷. En dicha biblioteca se encuentran todo tipo de objetos 3D modelados por usuarios de Sketchup¹⁸, modelos que son totalmente compatibles con la aplicación Allplan, puesto que dicha aplicación permite la importación de modelos en formato .skp o .kmz, leyendo perfectamente la volumetría de las mismas, aunque en la mayoría de las ocasiones se pierden las texturas.

La aplicación SketchUp está desarrollada por Google, cuya política de intercambio de información hace que cuente con dicha Biblioteca de elementos en la web (“3D Warehouse”), conectada directamente con la aplicación, para que los usuarios de la misma puedan cargar los trabajos realizados, de forma que sean accesibles para cualquier otro que lo necesite. Además, en esa biblioteca no solo nos encontramos objetos o elementos 3d, sino que también nos encontramos con todos los edificios 3D recogidos en la Aplicación “Google Earth”, desarrollada por la misma compañía (Google). Dichos modelos de Edificios 3D consisten únicamente en una volumetría básica exterior del edificio, a la que se le aplican fotografías de sus fachadas mediante la aplicación SketchUp, proporcionando el edificio 3D realista observable en “Google Earth”. Por tanto, se ha considerado de una utilidad extraordinaria el empleo de estos modelos volumétricos de edificios para la elaboración del modelo de emplazamiento.

De esta forma, se ha procedido a la búsqueda y descarga de los edificios que conforman el Campus Universitario Reina Mercedes en la Biblioteca Web descrita anteriormente, cuyas animaciones pueden observarse en Fig. 43 y Fig. 44.



Fig. 43: Modelo 3D SketchUp de los edificios de la E.T.S.A y el aula compartido de E.T.S.I.E. + E.T.S.A. (Imagen extraída del modelo tridimensional descargado de la Biblioteca de Elementos 3D de Google “3D Warehouse”).



Fig. 44: Modelos de edificios 3D SketchUp. A la izquierda la Torre de San Miguel (Expo 1929), que reproduce la torre de igual nombre ubicada en Córdoba. A la derecha el edificio principal de la E.T.S.I.E. (Imágenes extraídas de los respectivos modelos tridimensionales descargados de la Biblioteca de Elementos 3D de Google “3D Warehouse”).

¹⁷ “3D Warehouse” es la biblioteca de elementos 3D de Google, anteriormente denominada “Galería 3D de Google”. Se trata de un sitio web gratuito en la nube que permite a los usuarios buscar, cargar, descargar y compartir modelos 3D de SketchUp (en formato .skp o .kmz). En esta biblioteca se pueden encontrar todo tipo de elementos, desde mobiliario hasta edificios completos. Enlace del sitio web: 3dwarehouse.sketchup.com.

¹⁸ SketchUp es un programa de diseño gráfico y modelado en tres dimensiones basado en caras, para entornos de arquitectura, ingeniería civil, diseño industrial, videojuegos, etc.

Una vez descargados los modelos tridimensionales de los edificios, se ha procedido a su importación en nuestra plataforma de trabajo BIM Allplan. Tras esta importación se observa que, tal y como ya se preveía, no se transmiten las texturas aplicadas en los volúmenes a través de SketchUp, por tanto, si quisiéramos obtenerlas habría que aplicarlas manualmente a los sólidos 3D leídos por Allplan. Pero en este caso, como la idea es crear un modelo de emplazamiento donde únicamente se sitúe el edificio dentro de su entorno, puede ser suficiente con la definición de los edificios con su volumetría básica, y sin texturas aplicadas.

De este modo, tras la importación de todos los volúmenes de los edificios a nuestro proyecto, se han recolocado cada uno de ellos en su archivo correspondiente, atendiendo a las reservas de archivos descritas en apartados anteriores del presente. Además, para su colocación adecuada con respecto al edificio de estudio (Edificio de Laboratorios ETSIE) se ha empleado como plantilla el Croquis Catastral descargado de la Sede Electrónica del Catastro y descrito en el apartado 8.4.5 del presente documento, en el cual se establecen las distancias en planta existentes entre los edificios del campus.

Por consiguiente, el proceso seguido ha comenzado por descargar el Croquis Catastral en formato DXF, el cual se ha importado en nuestro proyecto de Allplan, empleando uno de los archivos destinados para plantillas y elementos auxiliares. Una vez cargado dicho croquis, se ha actualizado con las dimensiones tomadas “in situ” en el entorno del edificio y se ha recolocado en sus coordenadas adecuadas según el punto de origen definido con el Sistema de Coordenadas creado. De esta forma, ayudándose de dicho croquis catastral como plantilla, y con las anotaciones tomadas “in situ” se ha colocado cada uno de los volúmenes tridimensionales de los edificios en sus coordenadas precisas, obteniendo un modelo de emplazamiento consistente en modelos tridimensionales de la volumetría básica de cada uno de los edificios, observable en la Fig. 46.

Como anotación hay que decir que no ha sido posible encontrar el modelo tridimensional del Centro de Investigación C.I.T.I.U.S., por lo que tras la toma de sus dimensiones exteriores, se ha procedido a la elaboración de un paralelepípedo tridimensional colocado en su posición con respecto al resto de edificios. Dicho modelado se ha llevado a cabo con la orden “Paralelepípedo 3D” de Allplan.

También es necesario recordar que para llevar a cabo todo este montaje también ha sido necesario el análisis preliminar del entorno del edificio, a partir del cual se han tomado todas las dimensiones de separación entre los edificios, las alturas y cambios de nivel de cada edificio, los elementos existentes en la parcela, etc., que se han complementado con el citado croquis catastral. No obstante, cabe destacar que el presentado modelo de emplazamiento queda susceptible de una mayor definición, puesto que sería conveniente modelar otros elementos existentes como las vallas perimetrales, la



Fig. 45: Croquis Catastral empleado como plantilla para elaborar el modelo de emplazamiento. (Elaboración propia).



Fig. 46: Modelo de emplazamiento del Edificio de Laboratorios de la ETSIE. Imagen obtenida del modelo BIM de Estado Actual, donde se cuenta con un modelo de emplazamiento del mismo. (Elaboración propia, Allplan 2015).

vegetación existente, las calles colindantes del campus, las zonas de aparcamientos, definiendo el número de plazas existentes, etc. Pero dicha información queda fuera de estudio en el presente proyecto, puesto que como ya se ha anunciado con anterioridad en el documento, ha sido necesario acotar muy bien el área de trabajo y el contenido del proyecto, debido a la naturaleza del mismo. De tal forma, aquí se observa otra de las líneas de investigación o de desarrollo que quedan abiertas con la elaboración de este proyecto, que quedarán recogidas en el apartado reservado para ello del presente documento.

8.6.6 Niveles de precisión del modelo de estado actual.

Como bien se expone en el apartado 2.4.2 del *Documento 2 de las Guías uBIM: "Modelado de Estado Actual"*, con mismo nombre que el presente apartado, las estructuras de edificios antiguos están casi siempre deformadas, desplomadas o curvadas, o pueden tener cualquier otra inexactitud geométrica. De este modo, es inoportuno luchar por una geometría absoluta en el modelo de estado actual de un edificio. Así, dicha guía establece unas tolerancias dimensionales y una precisión del modelo espacial, que se recogen a continuación.

Tolerancias dimensionales para el modelo de estado actual:

- 10 mm en esquinas y aristas de elementos constructivos.
- 25 mm en superficies como muros o suelos.
- 50 mm en estructuras viejas irregulares, como cubiertas.

Dichas tolerancias se han cumplido en la medida de lo posible, teniendo en cuenta que ha sido necesaria la realización de un nuevo levantamiento del edificio, con toma de medidas "in situ" de todos los elementos, y que las herramientas con las que se ha contado para la realización de este levantamiento han sido muy limitadas. Por tanto, es probable que todo esto haya afectado a la superación de dichas tolerancias en alguna ocasión, pero por la naturaleza del proyecto ante el que nos encontramos, que no deja de ser un proyecto de investigación en el que se aplica la metodología establecida a un caso práctico, la superación de dichas tolerancias en alguna ocasión puede ser aceptable. No obstante, se ha decidido desarrollar el presente apartado para hacer constancia de que cuando se emplee esta metodología de trabajo para abordar un caso real de levantamiento BIM de Estado Actual de un edificio, será necesario acordar previamente las tolerancias dimensionales y el nivel de precisión del modelo.

Por otro lado, en cuando al nivel de precisión del modelo, la *Guía uBIM nº 2. "Modelado de Estado Actual"* establece tres niveles, entre los cuales, para el presente proyecto se ha elegido el Nivel 3: Modelo de elementos de construcción (Ampliado), que es el nivel máximo de precisión en un modelo de estado actual y consiste en un modelo volumétrico de todos los niveles y elementos presentes en el edificio, con detalles. Por ello, para la elaboración del modelo de estado actual a elaborar en este proyecto se ha tenido en cuenta la tabla que la nombrada guía aporta en referencia a esto (Tabla 2).

En esta tabla es necesario aclarar que, tal y como se observa en la misma, las instalaciones no están exigidas a modelarse, sino que depende de lo que se defina en proyecto. En este caso, como ya se ha informado anteriormente, las instalaciones quedan fuera de estudio para la elaboración de nuestro modelo de estado actual, por lo que no las encontraremos definidas en el modelo. El resto de elementos se han modelado y definido acorde a la tabla adjunta.

Nivel 3: Modelo de elementos constructivos (ampliado).	
Elementos constructivos	Modelados
Espacios	Modelados
Superficie útil	Modeladas. Se añaden identificadores de espacio e información del estado actual.
Elementos del emplazamiento.	
Modelo del emplazamiento	Modelada
Superficie 3D	Modelada
Zonas pavimentadas y zonas verdes	Modeladas por separado de los sistemas de evacuación de aguas
Equipamientos del emplazamiento	Modelados. Ubicación e identificadores.
Construcciones en el emplazamiento	Modeladas
Elementos constructivos	
Forjados de suelos	Modelado si es visible
Conductos en niveles de suelos	Definido en las bases del proyecto
Entramado estructural	Modelado con detalles
Muros exteriores	Modelados con detalles y ornamentos
Puertas exteriores	Modeladas, incluyendo hojas
Añadidos a fachada	Modelados
Cubiertas exteriores	Modeladas
Subestructuras de cubierta	Modeladas. Tolerancia pre-acordada en el proyecto.
tejadados	Modelados
Medidas de seguridad en cubiertas	Modelados
Estructuras en lucernarios	Modeladas
Claraboyas, escotillas y similares	Modeladas
Elementos del espacio interior.	La tolerancia debe acordarse en cada proyecto
Divisiones interiores	Modelado con detalles
Elementos en las superficies de techo	Modelados con detalles
Equipamiento de serie	Modelado del espacio de reserva
Aparatos sanitarios	Modelado
Hogares y chimeneas	Modelado exterior si es visible
Instalaciones	La tolerancia tiene que acordarse en las bases de proyecto
Instalaciones de fontanería	Definido por proyecto
Instalaciones eléctricas	Definido por proyecto
Elementos de aire acondicionado	Definido por proyecto
Instalaciones mecánicas habituales	Definido por proyecto
Ascensores	Cotas a ejes y modelado.

Tabla 2: Tabla de precisión del modelo de estado actual. Extraída de las Guías uBIM, Documento 2: Modelado de Estado Actual.

8.6.7 Generación de la maqueta tridimensional.

Para la creación de la maqueta se ha seguido el procedimiento real de construcción, comenzando por la cimentación y terminando por la cubierta. En este caso, como la cimentación ha quedado fuera de estudio, se ha comenzado con la realización del forjado de planta primera, continuando con el modelado de la estructura de todo el edificio, después la albañilería, huecos y ventanas, cerramiento de fachada, etc., hasta llegar a conseguir la maqueta completa que define todo el Edificio de Laboratorios de la E.T.S.I.E. Se puede observar una animación general de dicha maqueta en la Fig. 47.

A modo de resumen, se puede explicar la generación de la maqueta virtual o modelo BIM de Estado Actual del edificio como la generación de un modelo tridimensional a partir de elementos constructivos. A diferencia de lo que se realiza con la metodología de trabajo tradicional consistente en la elaboración de planimetría 2D, en este caso no se generan líneas o superficies tridimensionales, sino que se general elementos constructivos (muros, pilares, forjados, vigas, etc), que es la esencia de la



Fig. 47: Maqueta virtual del edificio. Animación obtenida de la plataforma Allplan. (Elaboración propia, Allplan 2015).

metodología BIM para modelado de edificios. Por consiguiente, a continuación se establece un listado de los elementos constructivos que se han utilizado para la confección de dicha maqueta:

- Forjados (siempre creados en archivos independientes).
- Pilares.
- Vigas.
- Viguetas.
- Cerchas.
- Muros de varias hojas (con definición expresa de cada una de las capas según su composición real).
- Cerramientos de fachada.
- Perfilería metálica auxiliar.
- Escaleras.
- Vanos y macros de puertas y ventanas.
- Smartparts de puertas y ventanas.
- Mobiliarios.
- Locales.
- Superficies de suelos y techos y superficies laterales (de paredes).
- Barandillas (elementos paramétricos lineales).

Cada uno de los elementos anteriores ha sido confeccionado con su respectiva orden o comando del software Allplan, de forma que el programa lo detecta como tal y le asigna la layer adecuada que proporciona la naturaleza a cada elemento. De este modo, se hará posible el intercambio del modelo con otras aplicaciones, que detectarán cada elemento con la naturaleza que se ha creado. Al menos así debería de ser en un sentido teórico, puesto que después a la hora de la práctica esto no siempre es así, ya que se tiene constancia de que surgen numerosos problemas de interoperabilidad entre las distintas plataformas BIM, pero esto queda fuera del estudio realizado en el presente proyecto de investigación.

Además, cabe resaltar que cada uno de los elementos modelados se le ha asignado el atributo de *"Elemento Existente"*, como lo que es, ya que si en posteriores utilidades del modelo se pretendiese realizar una reforma, se podrían crear los elementos nuevos con el atributo de *"Nueva Construcción"*, y de esta forma trabajar de una forma correcta con el modelo, pudiendo extraer toda la información filtrada por categorías o naturalezas del elemento (nuevos o existentes). Incluso si se tratara de realizar una demolición de algunos de los elementos existentes, sólo habría que asignar el atributo de *"Demolición"* a los elementos deseados y el programa lo detectará igualmente, pudiendo obtener informes al respecto. Esta es una ventaja que presenta el programa Allplan y que se ha decidido utilizar para el modelado de Estado Actual realizado en el presente proyecto, ya que es un atributo muy fácil de asignar a la vez que se van creando los elementos, y un poco engorroso o laborioso de realizar si se quisiera atribuir posteriormente a la elaboración de la maqueta.

También cabe decir que todos los elementos modelados en la maqueta se han introducido con respecto a los planos estándares de referencia C.I. y C.S., de los cuales se ha hablado anteriormente en este documento, de forma que si en cualquier momento se deseara cambiar la estructura de pisos del modelo, el mismo se adaptaría automáticamente a la nueva disposición, entre otras ventajas del trabajo con dichos planos de referencia.

En cuanto a la designación de materiales dentro de la maqueta, existen numerosas formas de hacerlo. En este caso, se ha designado el material del que se compone cada uno de los elementos constructivos de una forma manual, introduciendo el material del que se trata en el atributo “material/calidades”, de forma que queden perfectamente definidos todos los elementos constructivos del modelo. En la Fig. 48 se ha mostrado un ejemplo de la definición de materiales. En el caso presentado, se muestra la ventana de definición de un muro/partición interior, tomando como ejemplo una de las particiones de Planta Baja. Tal y como se observa en la imagen, el ejemplo mostrado consiste en un muro de tres capas, en el que cada una de ellas tiene un espesor, una altura y una designación del material que lo compone. Además, en la ventana de descripción del muro se puede observar tanto su composición en planta como una animación del mismo, donde se observan las alturas de cada capa y las texturas aplicadas a cada una de ellas. En la parte inferior de la imagen, se puede ver que está activa la pestaña “Parámetro, Atributo”, que es el lugar donde se aplican las propiedades del muro y la asignación de materiales de cada una de sus capas. En dicha pestaña observamos una tabla donde se especifican los espesores de cada una de las capas, las alturas de las mismas, el material del que se compone la capa, el tipo de obra, las prioridades (para las uniones con otros elementos constructivos) y la unidad de medida. En esta ocasión se ha establecido como unidad de medición el m². No obstante, existen otras pestañas, la de “Propiedades de formato” y la de “Representación de superficies”, que es donde se han configurado las formas de representación que queremos proporcionar al muro y las texturas que se le han asignado a cada una de las capas, reflejadas en la ventana de animación. Por consiguiente, se puede observar en el ejemplo que el muro queda completamente definido en el modelo, tratándose en este caso de un muro compuesto por una primera capa de enlucido de mortero por una de sus caras, un tabicón de ladrillo hueco simple y otra capa de enlucido de mortero por la cara opuesta.

Así, con el ejemplo adjunto se pretende demostrar el proceso seguido para la definición de cada uno de los elementos constructivos que conforman el Modelo BIM de Estado Actual generado, puesto que aunque en este caso se ha mostrado un muro, el proceso es muy similar en el resto de elementos. De este modo, definiendo todos los elementos de la forma expuesta, será posible extraer de la maqueta una medición que nos proporcionará la cantidad de cada uno de los materiales definidos, cuantificados según la unidad de medida que se le haya asignado. Sin embargo, para definir cada elemento existe otra forma de hacerlo, que se emplea cuando lo que se quiere es sacar una medición y presupuesto. Dicha forma consiste en la asignación de partidas a cada uno de los elementos, en lugar de la definición manual del material, de forma que al extraer la medición e importarla en el presupuesto se obtenga de forma directa la medición de cada una de las partidas, y por tanto, el presupuesto deseado. Esta forma será empleada para la obtención de la medición y presupuesto del capítulo de demoliciones tras la hipótesis de reforma que se ha establecido, cuya descripción puede consultarse en el próximo

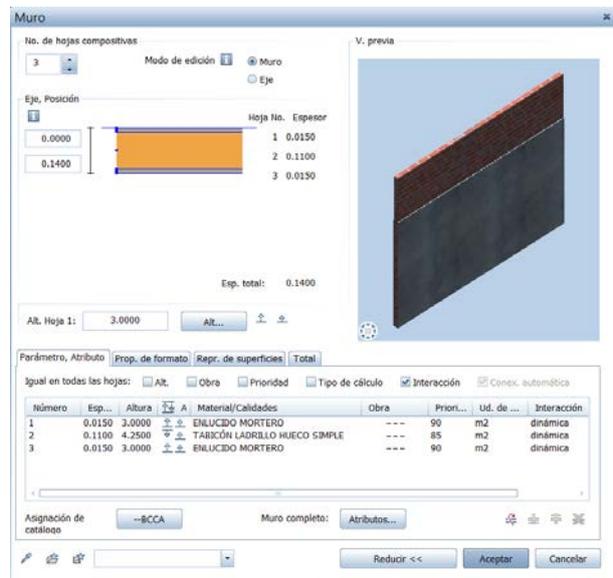


Fig. 48: Ventana de descripción y modificación de un muro. En esta imagen se observa la definición de materiales y propiedades en un muro cualquiera del modelo BIM de Estado Actual del Edificio Laboratorios de la ETSIE. (Elaboración propia, Allplan 2015).

apartado 8.8 "FASE 5: ELABORACIÓN DE MEDICIÓN Y PRESUPUESTO A PARTIR DEL MODELO", donde se describe dicho proceso de forma expresa.

Tras la descripción general del proceso de elaboración de la maqueta virtual del edificio, cabe especificar que las anotaciones y definiciones con las que cuenta cada uno de los elementos modelados, así como el modelo completo, de una forma general, pueden observarse en las Fichas Descriptivas de Especificación BIM presentadas en el apartado 9.2 "FICHAS DESCRIPTIVAS DE ESPECIFICACIÓN BIM. RESULTADOS FASE 3". En las comentadas fichas se muestran también anotaciones de la metodología seguida para el modelado de cada capítulo, así como los niveles de fiabilidad del modelo, las fechas de última actualización, etc.

8.7 FASE 4: GENERACIÓN DE PLANIMETRÍA DE ESTADO ACTUAL A PARTIR DEL MODELO.

La obtención de la documentación gráfica de estado actual del edificio es uno de los objetivos principales de este proyecto, debido a los motivos ya definidos de falta de documentación gráfica que defina el edificio seleccionado. Por consiguiente, durante la elaboración del modelo se ha tenido rigurosidad a la hora de definir los elementos que se han modelado, haciendo especial hincapié en la representación gráfica de cada uno de ellos, teniendo como objetivo la elaboración de una planimetría clara y correcta que defina el estado actual del inmueble.

De esta forma, durante la realización del presente proyecto se ha buscado la obtención de una documentación gráfica que responda a las prescripciones técnicas que un nivel de proyecto formalizado de estado actual debe cumplir para su correcta interpretación.

Entiéndase que un nivel formalizado de proyecto corresponde con una descripción del modelo arquitectónico a una escala física de 1:50, lo que permite una descripción general del modelo. No obstante, con el trabajo realizado se ha ido a más, y se han obtenido también plantas de estructura y detalles de fachada y escalera a escala 1:20, como podrán observarse en los planos generados.

Por consiguiente, y partiendo de una de las ventajas que aporta el empleo de tecnología BIM, se ha procedido a la obtención de la documentación gráfica de estado actual a partir del modelo virtual generado, con las especificaciones nombradas anteriormente, procediendo de la siguiente forma:

En primer lugar, hay que resaltar que en la generación de la maqueta virtual se han empleado distintas layers o capas para cada uno de los elementos modelados, haciendo posible gestionar las plumas, estilos de trazado y colores de cada uno de los elementos a la hora de generar la planimetría. Así, una vez generada la maqueta, se han definido todas las layers empleadas en el modelo, aplicándole a cada una de ellas su correspondiente pluma, trazo y color.

Una vez configurado el programa con los estilos de trazado adecuados, se ha procedido a generar cada uno de los planos, observándose tres formas de obtención, dependiendo de lo que se quiera plasmar en cada plano:

Por un lado, las plantas se han obtenido mediante la incorporación al módulo "Gestor de planos" de Allplan los archivos correspondientes en cada uno de los planos a generar, especificando la escala deseada (1:50), las layers que se quieren mantener visibles y las que se desean ocultar, los tipos de representación de elementos constructivos, factor de fuentes o textos, etc.

Por otro lado, para la obtención de los alzados y las visualizaciones volumétricas se requiere un paso intermedio, que consiste en salvar la vista deseada mediante la función “*Cálculo de ocultación de líneas*”, asignándole las especificaciones con las que se quiere generar el cálculo. Esto genera un archivo temporal en dos dimensiones, que se ha copiado en el archivo deseado y se le han aplicado las propiedades de pluma, trazado y color mediante la asignación de layers a cada elemento. Una vez generada la vista en 2D, se ha procedido de la misma forma que las plantas, asignando el archivo correspondiente desde el “*Gestor de Planos*” del programa y definiendo escala, tipos de representación, layers modificables y ocultas y demás criterios o parámetros oportunos en cada plano.

Finalmente, existe otro proceso en la generación de planimetría, que aparece cuando se quieren obtener secciones. Para ello, se ha necesitado en primer lugar marcar por donde se quiere seccionar, mediante el asistente de “*Líneas de Sección*” del programa, que se recomienda que se incorpore en un archivo nuevo y específico para ello (en nuestro caso archivo 56). Una vez marcadas las secciones que se pretende generar, se ha accedido a los archivos donde se quiere generar la sección (en nuestro caso archivos 600-609) y se le ha aplicado a cada uno de ellos el archivo origen donde se sitúa la línea de sección (archivo 56) y los parámetros con los que se desea que el programe la calcule. Por último, se ha procedido a generar la sección con los parámetros definidos, en cada uno de los archivos, mediante la función específica para tal acción. De esta forma, se consigue el mismo resultado comentado anteriormente para la generación de alzados, por lo que se ha procedido igualmente, asignando layers a los elementos generados en las secciones, para gestionar plumas, trazos y colores de cada elemento, y asignando posteriormente el archivo en el “*Gestor de Planos*”, con los parámetros deseados.

Así, mediante los tres procesos explicados, se ha generado la documentación gráfica de estado actual del Edificio de Laboratorios de la E.T.S.I.E., que se aporta en los anexos del presente documento. No obstante, en el apartado de resultados de este proyecto, punto “*9.3 PLANIMETRÍA DE ESTADO ACTUAL DEL EDIFICIO*” se hace referencia a la misma, vinculando con los archivos originales.

Para finalizar, cabe realizar algunas anotaciones en cuanto al contenido de los planos que han sido generados. En primer lugar se ha obtenido la planimetría básica formalizada que define cualquier edificio, consistente en: plano de situación y emplazamiento, plantas de mobiliario, usos y superficies, planta de cubierta, plantas acotadas, alzados de fachadas y secciones constructivas, todos a escala 1:50. A continuación, se ha procedido a la definición de la estructura del edificio, mediante plantas a escala normalizada 1:50 y detalles a escala 1:20, ambos con todos los elementos claramente referenciados y definidos mediante cuadros de descripción o leyendas. Como anotación hay que volver a resaltar en este punto que la cimentación queda fuera de estudio en este proyecto, por lo que se carece de dicho plano. Una vez definida la estructura, se ha detallado la albañilería y revestimientos existentes en el inmueble, mediante plantas de acabados a escala 1:50, con las definiciones de cerramientos, paredes, suelos y techos referenciadas en las plantas y descritas mediante cuadros de definición o leyendas. Por último, para aclarar de forma gráfica todo lo establecido con la planimetría formal, se ha procedido a la realización de visualizaciones de alzados y perspectivas texturizadas, tanto interiores como exteriores, obtenidas de la maqueta para la aclaración visual mediante animaciones realistas. En este punto hay que anotar que en los planos 21 y 22, correspondientes a visualizaciones aclaratorias de estructura, escalera y fachada, se han incorporado perspectivas de detalle, sin adjuntar alzado, planta y perfil, como sería necesario. Esto se debe a que la finalidad buscada con estos planos ha sido simplemente la aclaración visual de los elementos definidos.

8.8 FASE 5: ELABORACIÓN DE MEDICIÓN Y PRESUPUESTO A PARTIR DEL MODELO.

En el caso que nos compete, tratándose el presente PFG de un proyecto de investigación, se procederá a plantear un ejemplo de extracción de mediciones del modelo, para la obtención de un presupuesto. Con esto se pone a prueba la dimensión BIM 5D, referente a la aplicación de costes/presupuestos a un modelo BIM. Por consiguiente, se ha impuesto la hipótesis de trabajo ya mencionada en el correspondiente apartado de este documento, que puede resumirse como una posible necesidad de reforma en el edificio por parte de la Universidad de Sevilla, generando la necesidad de demoler ciertos elementos del inmueble. Por tanto, se procederá a generar una medición y presupuesto del capítulo de demoliciones, englobando el desmontaje de las placas de fachada del edificio y la demolición de todas las particiones interiores del edificio, los solados y los falsos techos, así como la eliminación de los sanitarios y demás equipamiento, con la premisa de una posible intención de cambiar el uso del edificio, definiendo una nueva compartimentación y un cambio de imagen exterior mediante la sustitución de las placas exteriores de fachada.

Dicho esto, se plantea a continuación la metodología de trabajo que se ha seguido para la obtención del presupuesto de demolición, cuya aplicación puede repetirse para cualquier otra obtención de mediciones que pudiera plantearse en el edificio modelado. Además, la metodología desarrollada puede ser extrapolada también al abordaje de cualquier medición y presupuesto a partir de un modelo BIM de un edificio, partiendo siempre de que lo establecido se basa en la plataforma BIM Allplan (versión 2015). Así, el proceso seguido puede resumirse en las siguientes fases:

8.8.1 Asignación de partidas al modelo.

Como ya se ha indicado en anteriores ocasiones, con la tecnología BIM existe la posibilidad de aplicar partidas a los elementos modelados en la maqueta virtual. De esta forma, se facilita la obtención de mediciones directas y precisas del programa, para vinculación con una base de precios, generando el presupuesto deseado. De este modo, se ha procedido en primer lugar a la elaboración de una base de precios o catálogo específico para la obra que nos compete. Para dicha elaboración se ha empleado el programa de presupuestación “Arquímedes”, creando un presupuesto con las partidas de demolición que se deseaban presupuestar. Para ello, se ha creado un presupuesto nuevo en Arquímedes, donde se han definido las partidas de demolición específicas para la hipótesis de reforma implantada, aplicándole los precios obtenidos a partir del generador de precios de Cype. Con esto, se obtiene un presupuesto con todas las partidas definidas con sus respectivos precios, pero carentes de sus mediciones, que serán extraídas del modelo e importadas de nuevo al presupuesto en las siguientes fases de este proceso. En la Fig. 49 puede observarse dicho presupuesto desde la aplicación Arquímedes 2015.

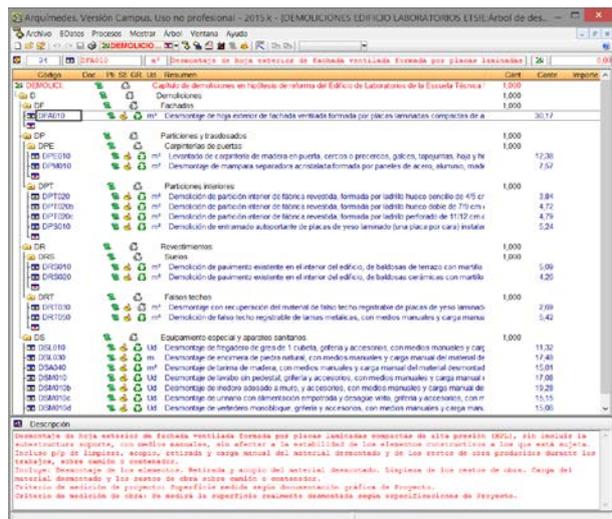


Fig. 49: Presupuesto de demolición sin mediciones, utilizado como catálogo para asignación de partidas. (Elaboración propia, Arquímedes 2015).

Una vez creado dicho presupuesto o base de precios específica, y previa instalación de la conexión de Cype con Allplan, se ha utilizado el directorio creado como catálogo en Allplan, aplicando a cada elemento que se desea medir su respectivo código de partida. Además, durante la asignación de dichos códigos de partida a los elementos se ha comprobado que el criterio de medición de cada uno coincide con lo establecido en la respectiva partida asignada, habiendo tenido que ser modificado en varias ocasiones, puesto que el programa aplica por defecto criterios de medición de obra nueva, que cambian a la hora de valorar la demolición de los mismos. En la Fig. 50 se presenta un ejemplo de asignación de códigos de partida en los acabados superficiales de una de las estancias del edificio, donde se observa que tanto la solería como el falso techo tienen asignados unos códigos de partida, que coinciden con el presupuesto creado. Este proceso puede ser extrapolado a la hora de querer definir el resto de elementos del modelo mediante asignación a partidas de un presupuesto, tanto de este como de cualquier edificio que se desee presupuestar a partir de un modelo BIM.

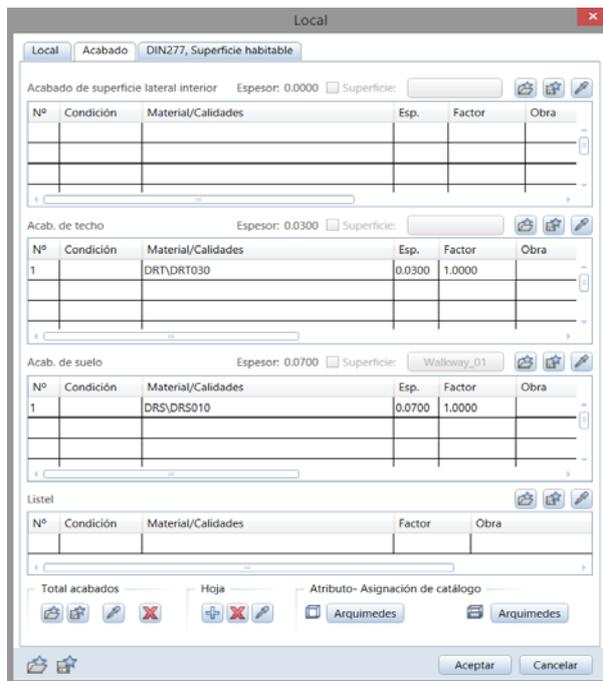


Fig. 50: Captura de gestor de acabados en Laboratorio 01. En esta se observa la aplicación de códigos de partida a la solería y al falso techo. (Elaboración propia, Allplan 2015)

8.8.2 Extracción de mediciones del software BIM Allplan 2015.

Una vez asignados los códigos de partidas a los elementos que se desea medir, se ha procedido a la extracción de las mediciones de la maqueta virtual. En el caso de la plataforma BIM empleada (Allplan 2015), dicha obtención se ha realizado mediante generación de un informe de medición en el programa, el cual genera una medición de los elementos modelados, midiendo según el criterio definido y con referencia a los códigos de partida asignados (Fig. 51). Dicho informe ha sido guardado como fichero XCA, para permitir su posterior importación en el presupuesto creado, a través de un software específico de presupuestación, que será objeto de descripción en la siguiente fase de este proceso.

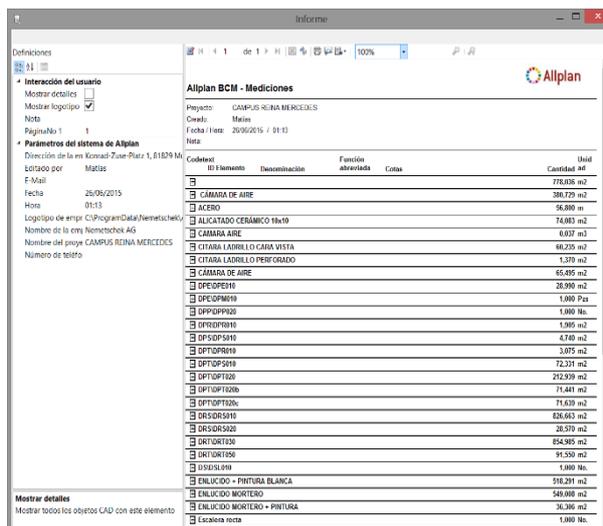
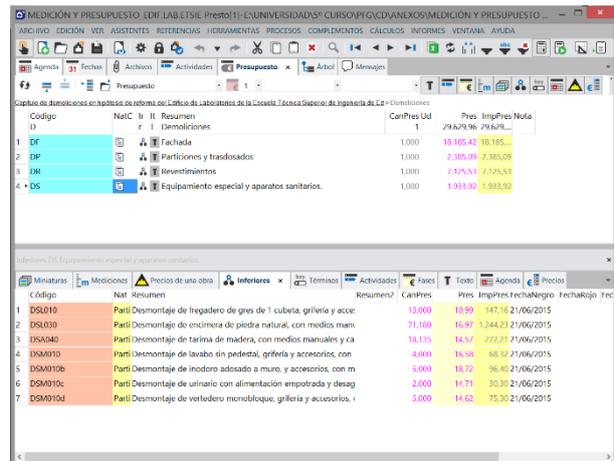


Fig. 51: Informe de medición obtenido del modelo tras la asignación de códigos de partidas a los elementos modelados. (Elaboración propia, Allplan 2015)

8.8.3 Importación de mediciones en software de presupuestos y generación del presupuesto.

Tras la obtención de las mediciones de la plataforma BIM, en formato XCA, el siguiente paso ha sido la importación de dichos datos en el presupuesto o base de precios que había sido creada. Para ello, se necesita la utilización de un software específico de presupuestación, como podría haber sido el ya nombrado Arquímedes. No obstante, para comprobar también la conexión de Allplan con Presto, se ha procedido a la elaboración del presupuesto mediante dicho programa de presupuestación. Por consiguiente, se ha comenzado por exportar el presupuesto que se tenía creado con Arquímedes a formato FIEBDC-3, para su posterior lectura en Presto. Una vez hecho esto, se ha importado en el mismo el fichero XCA de mediciones generado en Allplan, añadiéndolo como importación de líneas de medición. Con ello, puesto que los códigos de las mediciones incipientes en el fichero XCA coinciden con los códigos de las partidas del presupuesto, las cantidades de medición se enlazan de forma automática en sus respectivas partidas, generando el presupuesto de demolición deseado.



Código	Medición	Can/Preci	Pres	Imp/Preci	Nota
1	DF Demoliciones	1,000	29,62/9,96	29,62/9,96	
2	DPA Fachada	1,000	18,185/4,02	18,185/4,02	
3	DN Particiones y trasdoscados	1,000	2,385/0,99	2,385/0,99	
4	DS Invernaderos	1,000	2,125/0,51	2,125/0,51	
5	DS Equipamiento especial y aparatos sanitarios.	1,000	1,988/0,92	1,988/0,92	

Fig. 52: Presupuesto de demolición tras la importación del fichero XCA de mediciones. (Elaboración propia, Presto 2015)

Como anotación en este punto cabe añadir que las mediciones que no tienen asignado códigos de partida las recopila el programa creando un capítulo nuevo, denominado con el nombre "Allplan". Dicho capítulo ha sido eliminado, puesto que esas mediciones sin asignación de códigos de partida no interesan en el caso de estudio, donde únicamente se está presupuestando el capítulo de demolición, que son las partidas que han sido asignadas y codificadas en el modelo.

Para finalizar este proceso, se ha organizado y completado el presupuesto en Presto, y se ha exportado como PDF y como Excel, generando el presupuesto y medición del capítulo de Demoliciones de la hipótesis de trabajo planteada, objetivo de la presente fase de este proyecto. No obstante, los resultados de esta fase se recopilarán en el posterior apartado 9.4 "MEDICIÓN OBTENIDA A PARTIR DEL MODELO. RESULTADOS FASE 5". Además, la medición y presupuesto obtenida se adjunta en los anexos del presente proyecto (Anexo 1).

8.9 FASE 6: EXPORTACIÓN DEL MODELO A FORMATOS DE TRANSFERENCIA BIM.

En el Documento 2 de las Guías uBIM 2014, "Modelado del Estado Actual", concretamente en su apartado "2.5. Transferencia de datos", se establece que una vez generado el modelo, para su posterior intercambio de información, es necesario exportarlo en formato IFC, que es el estándar de intercambio de información normalizado para el intercambio de datos en el nuevo modelo de proceso constructivo definido por la tecnología BIM. De esta forma, se hace posible el intercambio del modelo de una aplicación a otra, transfiriendo la geometría y datos del modelo.

Por consiguiente, se ha procedido a la exportación del modelo generado en formato IFC, separando el mismo en los paquetes ya comentados: Modelo de Emplazamiento, Modelo Arquitectónico y Modelo Estructural, facilitando el intercambio de información según la empleabilidad que quiera darse al BIM

de Estado Actual generado. Dichos archivos serán recopilados en el apartado 9.5 *"ARCHIVOS DE TRANSFERENCIA DEL MODELO EN FORMATOS BIM. RESULTADOS FASE 6"*.

No obstante, para evitar las pérdidas de información definida en el modelo, se aportará también el mismo en formato nativo de la plataforma BIM empleada, Allplan 2015. Por consiguiente, se adjunta el directorio PRJ creado, donde se aporta el proyecto que ha sido creado, referente a todo el Campus Universitario Reina Mercedes.

Además, para ofrecer una visualización tridimensional del edificio al alcance de cualquier usuario, sin necesidad de disponer de un software BIM, se ha generado también un PDF-3D del inmueble modelado. Con dicho archivo se permite la visualización de la maqueta virtual tridimensional con un simple lector de PDF.

Todos los archivos de transferencia nombrados quedan recogidos en el ya mencionado apartado 9.5 *"ARCHIVOS DE TRANSFERENCIA DEL MODELO EN FORMATOS BIM. RESULTADOS FASE 6"*, donde se disponen los vínculos para acceder a los mismos. Los archivos originales se adjuntan en la carpeta de Anexos del CD de este Proyecto Fin de Grado.



9. DESARROLLO DEL TRABAJO. ESPECIFICACIÓN BIM Y RESULTADOS OBTENIDOS.

Una vez expuesta la metodología empleada, y que puede ser de aplicación en cualquier otro levantamiento BIM de edificio existente, se recogerán en este apartado los resultados obtenidos en cada una de las fases mencionadas. De esta forma, en este apartado se recopilará todo el contenido del proyecto en lo que respecta al modelo arquitectónico elegido, Edificio de Laboratorios de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación.

9.1 DEFINICIÓN CONSTRUCTIVA A PARTIR DE LOS DATOS OBTENIDOS. RESULTADOS FASE 1 Y 2.

Una vez analizado el edificio y la documentación de partida, cuyo proceso se expone en los apartados 8.4 y 8.5 (Fases 1 y 2), se procederá a continuación a la definición constructiva del inmueble, cuya elaboración ha sido imprescindible para poder abordar el modelado BIM de estado actual del edificio (Fase 3). Por consiguiente, y tal y como ya se anunciaba en los respectivos apartados anteriores, se han analizado rigurosamente los datos obtenidos en las fases 1 y 2, y con los mismos, se ha redactado este apartado, a modo de memoria constructiva, que complementa al modelo virtual y a la planimetría generada.

9.1.1 Sustentación del edificio.

Puesto que no se tiene constancia de planos estructurales del edificio, todo lo que ha sido modelado en la maqueta virtual realizada proviene del estudio y análisis visual del edificio real, con realización de catas en la medida de lo que ha sido posible, y tomando decisiones constructivas razonables en las partes que no ha sido posible su análisis visual.

Sin embargo, en lo que respecta a la cimentación o sustentación del edificio, no ha sido posible su definición clara, puesto que no se tiene constancia de una documentación fiable que defina el sistema de cimentación, ni se tiene la posibilidad de realizar catas en el subsuelo para estudiarla, por tanto, en esta ocasión se descartará dicho capítulo del estudio realizado en este proyecto.

Así, por los motivos expuestos, no se modelará en el modelo BIM de Estado Actual del edificio ningún sistema de sustentación del mismo, quedando este capítulo como línea de desarrollo abierta para posteriores incorporaciones al modelo.

Por último, cabe decir en este apartado que si en alguna ocasión se decidiera emplear el presente modelo para la realización de alguna reforma estructural o cualquier otra actuación que requiera conocer la cimentación del edificio, será necesario realizar catas en el subsuelo para definir el sistema de sustentación del mismo. Por ello, se ha preparado en la organización del proyecto los archivos donde debería modelarse la cimentación, de forma que pueda ser incorporada en cualquier momento a la maqueta.

9.1.2 Sistema estructural.

Tras la realización de la medición manual del edificio y de las catas e inspecciones realizadas, se procederá en el presente apartado a la descripción del sistema estructural del inmueble, desarrollado a partir del estudio y análisis de los resultados obtenidos en las fases anteriores.

Por consiguiente, mediante el análisis de las cotas, fotografías y demás información obtenida tras las inspecciones realizadas, y tomando decisiones con un criterio técnico, se ha generado en primer lugar la cuadrícula de pilares de ambas plantas, observable en los croquis presentados en la Fig. 53.

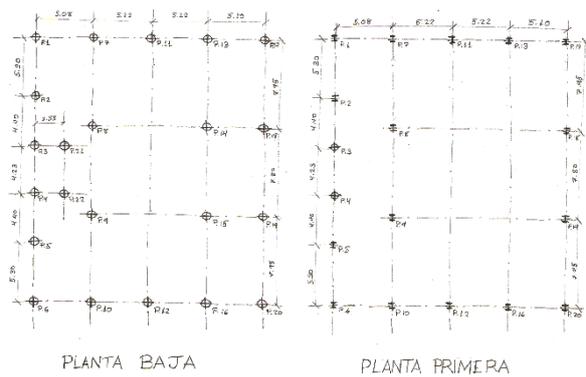


Fig. 53: Croquis de análisis de cuadrícula de pilares. En los croquis presentados se observa la distribución de pilares existente en ambas plantas del edificio, con la numeración acordada. (Elaboración propia).

A partir de dichas cuadrículas de pilares, y con análisis técnico de los resultados obtenidos en las inspecciones de la estructura, se han realizado, a modo de croquis, los planos de estructura de los forjados. En la Fig. 54 se pueden ver los croquis de estructura de Planta Baja y Planta Primera, que definen la sustentación de los forjados que componen el edificio.

Los resultados obtenidos tras este análisis, y plasmados en los croquis expuestos, han sido empleados para el modelado de la estructura del edificio, que será observable tanto en la maqueta virtual del edificio que se generará a continuación como en los planos de estado actual que se obtendrán de la misma.

De forma general, cabe decir que la estructura del edificio consiste en un sistema estructural mixto, formado por elementos de hormigón armado que colaboran con elementos metálicos.

En esta fase, no solo se ha definido el sistema estructural del edificio, con las direcciones de carga de los forjados, los elementos que conforman cada paño y demás elementos descritos anteriormente, sino que también se han estudiado muy detenidamente las uniones entre los elementos constituyentes de la estructura. Dicho análisis se ha llevado a cabo a partir de las inspecciones realizadas y estudiando muy detenidamente todas las fotografías y videos obtenidos. De este modo, en la Fig. 55 se muestran algunos ejemplos de los croquis realizados para el entendimiento y

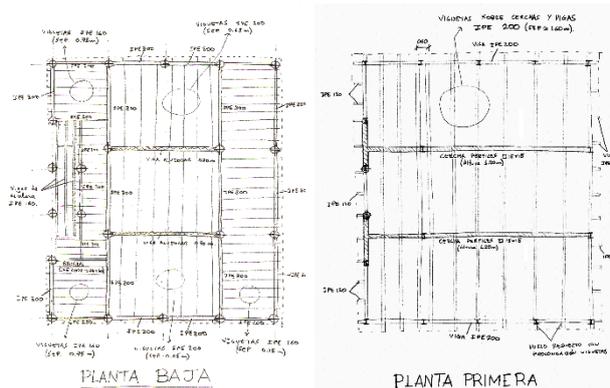


Fig. 54: Croquis de análisis de estructura horizontal de los forjados de Planta Baja y Planta Primera. En ellos se observa las direcciones de carga de los mismos, así como los elementos que los componen. Elaboración propia.

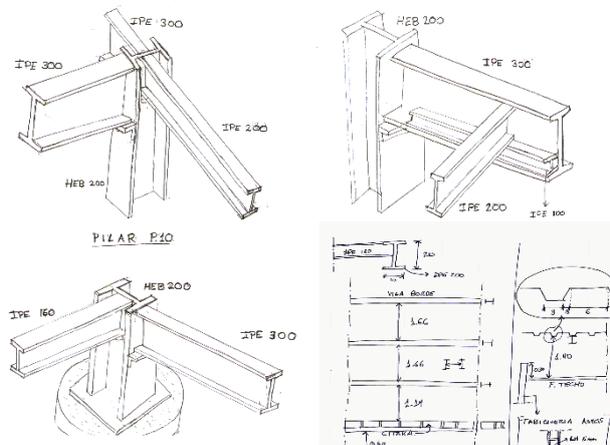


Fig. 55: Croquis y bocetos de análisis de la estructura. En ellos se observan las uniones existentes entre los elementos estructurales que componen la estructura del edificio, así como cotas y anotaciones de las mismas. (Elaboración propia).

descripción rigurosa de las uniones estructurales presentes en el edificio.

Una vez descrito el proceso de análisis seguido, se procederá a continuación a la definición general del sistema estructural del edificio, definiendo de forma detallada los elementos que componen cada una de las plantas.

9.1.2.1 Estructura Planta Baja.

○ Pilares:

En Planta Baja, los pilares son circulares, de hormigón armado de diámetro 0.50 m, con una altura de 3.55 m, extendiéndose desde cota +0.30 m (cota superior de forjado sanitario) hasta la cota +3.85 m. Sobre ellos, y con comienzo en cota +3.85 m, se elevan perfiles metálicos HEB 200, que se extienden hasta el canto inferior del forjado, con una altura de 0.70 m, y sobre los mismos descansa la estructura horizontal de sustentación del forjado (vigas y viguetas). Estos perfiles metálicos se encuentran unidos a los pilares de HA mediante una placa de anclaje embebida en los mismos. En la Fig. 56 se puede observar una animación de uno de los pilares de planta baja, extraída del modelo virtual realizado.

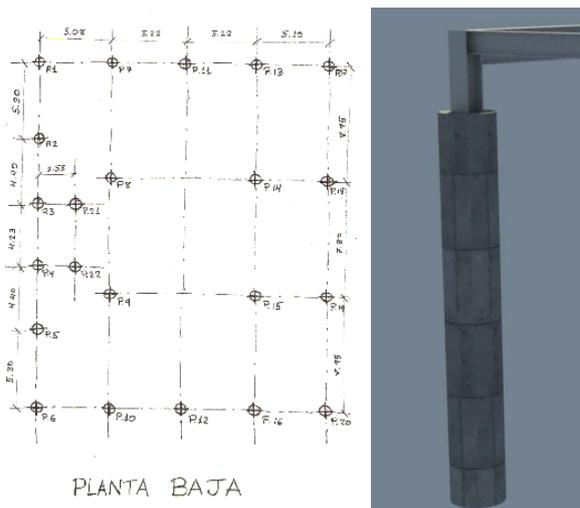


Fig. 56: Croquis de cuadrícula de pilares Planta baja y animación de pilar tipo, Allplan. (Elaboración propia).

Cabe destacar en este punto la existencia de dos pilares con una dimensión mayor, que son los que se observan en la fachada principal del edificio, por delante de la vidriera (pilares P.3 y P.4). Dichos pilares consisten nuevamente en pilares circulares de HA, de diámetro 0.50 m, y se extienden por las dos plantas del edificio, desde el canto superior del forjado sanitario hasta el canto inferior de la cercha que resuelve la estructura de Planta Primera, de la cual se hablará más adelante en este apartado. De esta forma, los nombrados pilares se extienden desde cota +0.30 m hasta cota +7.75 m. La unión existente entre la cercha mencionada y dichos pilares de HA se resuelve, igualmente, mediante placa metálica embebida en los pilares.

○ Forjado:

El forjado superior de Planta Baja, que conforma el segundo nivel del edificio (Planta Primera), consiste en un forjado de chapa colaborante, formado por una chapa ondulada sobre la que se localiza una losa de hormigón, con su respectiva armadura de reparto. Dicho forjado tiene un espesor total de 0.15 m, que se obtiene del análisis del forjado superior, y se ha traspasado al forjado inferior, suponiendo que ambos tendrán la misma composición. Esta dimensión se obtiene de la Inspección nº 9, descrita en el apartado 8.5.2.2 "Inspecciones Planta Primera".

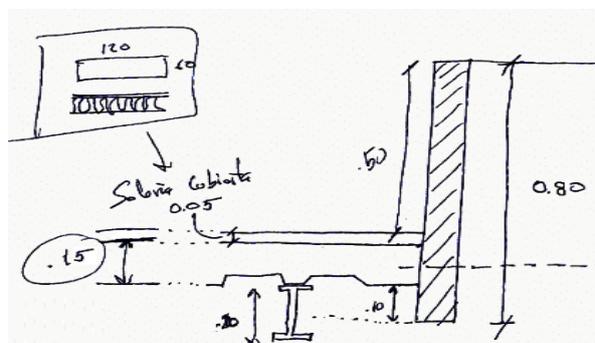


Fig. 57: Croquis de análisis de forjado superior. En el presente se observa tanto el espesor del forjado como las dimensiones de la chapa colaborante. Estos resultados han sido aplicados en la definición y modelado de ambos forjados del edificio. (Elaboración propia).

En la Fig. 57 se observa el croquis mediante el cual se ha averiguado el espesor de los forjados y los elementos que lo componen.

Este forjado, al igual que el de la planta superior, se sustenta sobre una estructura horizontal metálica, cuya composición se definirá a continuación.

○ **Vigas:**

Como se observa en el croquis de cuadrícula de pilares anteriormente presentado, existen diferentes luces entre pilares de Planta Baja, lo que ha desembocado en la existencia de distintos tipos de vigas, dependiendo de las luces a salvar. En luces menores de 8 metros se han observado vigas consistentes en perfiles IPE 300, mientras que en luces superiores se han dispuesto vigas alveolares de 0.70 m de altura. Por consiguiente, existen dos vigas alveolares

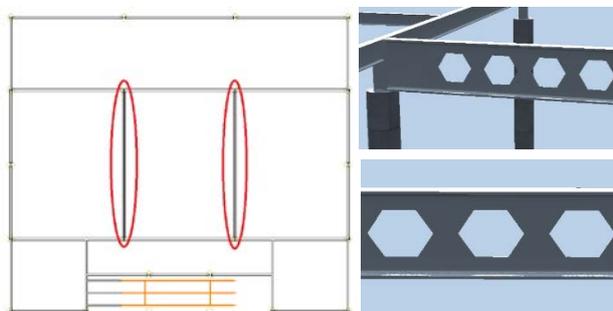


Fig. 58. Localización de las vigas alveolares de Planta Baja y animación de las mismas. (Elaboración propia, Allplan 2015).

en la planta, que salvan las luces definidas por los pilares P.8 - P.14 y los pilares P.9 - P.15. En el esquema presentado en la Fig. 58 se puede observar gráficamente la localización de las nombradas vigas alveolares, además de unas imágenes de animación extraídas del modelo. No obstante, todo lo establecido queda recogido formalmente en la planimetría generada, planos 12 y 13.

○ **Viguetas:**

Como puede observarse en el croquis de análisis de la estructura de Planta Baja adjuntado al principio del presente apartado, el forjado presenta varias direcciones de carga o disposiciones de viguetas. De esta forma, se pueden diferenciar tres zonas, según se aprecia en la Fig. 59;

- Zona delantera:

Viguetas consistentes en perfiles metálicos IPE 160, que apoyan sobre las vigas IPE 300.

- Zona central:

Viguetas IPE 200 que apoyan sobre vigas IPE 300 en los laterales del edificio y sobre las vigas alveolares en la parte central, formando tres paños de 7.95 x 10.40 m , 7.80 x 10.40 m y 7.95 x 10.40 m, respectivamente.

- Zona trasera:

Consiste en un solo paño de 23.70 x 5.10 m, en el cual se repite el sistema existente en la zona delantera, consistiendo en viguetas IPE 160 que apoyan sobre las vigas IPE 300.

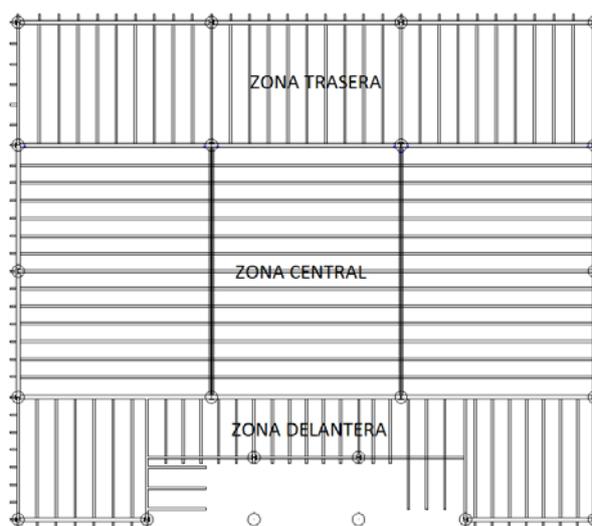


Fig. 59: Esquema de zonas con cambios de dirección de carga de viguetas. (Elaboración propia, Allplan).

○ **Brochales:**

Debido a la falta de alineación de los pilares existentes en la zona delantera de la estructura horizontal del forjado, se ha detectado la existencia de brochales, que resuelven la falta de alineación entre pilares y la configuración del hueco de escalera en el forjado. Tras el análisis de los mismos, se ha observado que dichos brochales no han sido resueltos del mismo modo en cada una de las zonas, por lo que se procederá a la definición individual de los mismos. Además, igual que se ha realizado para la localización de las vigas alveolares, se ha elaborado un esquema de localización de los brochales y unas capturas de animación extraídas del modelo virtual, observables en las Fig. 60, 61 y 62.

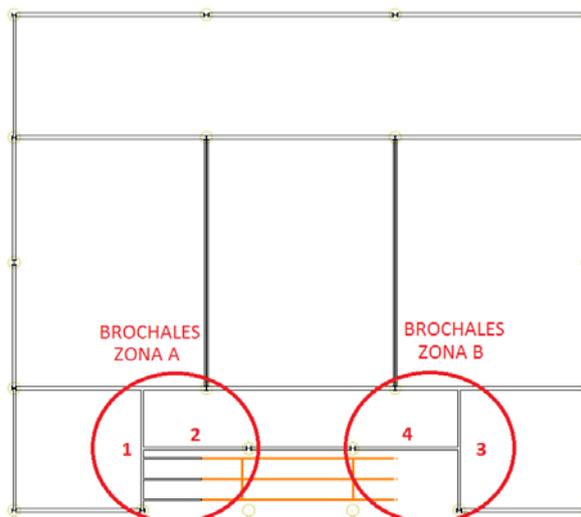


Fig. 60: Esquema de localización de brochales. (Elaboración propia, Allplan).

Por consiguiente, los brochales existentes se han enumerado y se han agrupado por zonas para su correcta descripción, dividiendo en *Brochales zona A* y *Brochales zona B* (Fig. 60)

- *Brochales zona A:*

Por un lado nos encontramos el brochal nº 1, que consiste en un perfil IPE 200 que se apoya por uno de sus extremos en el pilar P.2 y por el otro extremo en la viga IPE 300 existente entre los pilares P.7 y P.8, mediante soldadura a la misma. En este brochal descansan los perfiles IPE 160 que conforman la estructura de la escalera, como se observa en la Fig. 61.

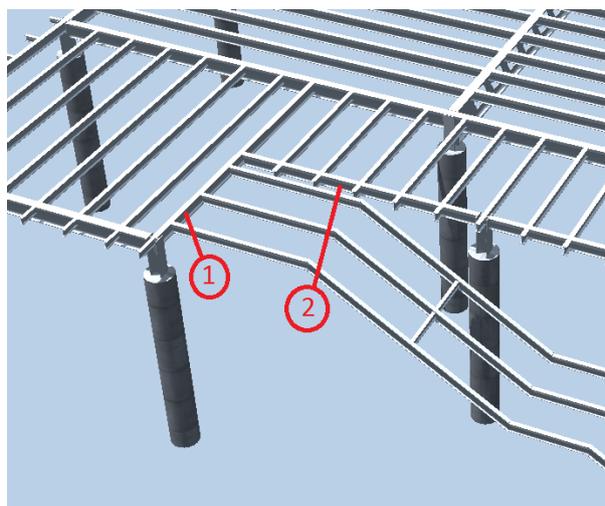


Fig. 61: Animación de brochales zona A. En esta imagen se observan los brochales nº 1 y nº 2. (Elaboración propia, Allplan 2015).

Además, sobre el brochal nº 1 descarga también el brochal nº 2, consistente en otro perfil IPE 200. Este último se apoya por un extremo en el pilar P.21 y por otro extremo está soldado al brochal nº 1, realizando la función de viga de carga de ese paño, uniéndose al mismo las viguetas IPE 160 que conforman el paño, que se encuentran unidas mediante soldadura directa.

Los brochales nº 1 y nº 2 se encuentran en el mismo plano, con cota de la cara superior en el canto inferior del forjado de chapa colaborante. La unión entre los mismos se ha resuelto mediante soldadura, incidiendo de forma perpendicular.

- *Brochales zona B:*

En esta zona, el sistema empleado para resolver la falta de alineación de pilares y la configuración del hueco de escalera es muy similar a la explicada anteriormente, en los brochales de zona A, con la única particularidad de que los brochales nº 3 y nº 4 se encuentran en un nivel inferior, permitiendo el vuelo de las viguetas en el paño formado por el brochal nº 4.

Por consiguiente, los brochales nº 3 y nº 4 consisten, igualmente, en perfiles IPE 200, pero situados a una cota de 0.16 m por debajo del canto inferior del forjado. Esta solución adoptada ha permitido que las viguetas que descansan en el brochal lo hagan apoyando sobre el mismo, en lugar de unirse mediante soldadura directa en el mismo plano, como sucedía en la zona A. De esta forma, ha sido posible generar el hueco de escalera en el forjado, mediante vuelo de tres de las viguetas que conforman el paño citado, que además quedan vistas en el edificio real. Estas viguetas pueden observarse en la animación presentada en la Fig. 62.

Por último, para documentar la definición realizada de estos brochales, se adjunta en la Fig. 63 una fotografía real del edificio, obtenida en la Inspección nº 6. En esta puede observarse el brochal nº 3, sobre el que se apoya una vigueta (IPE 160), que constata lo especificado anteriormente.

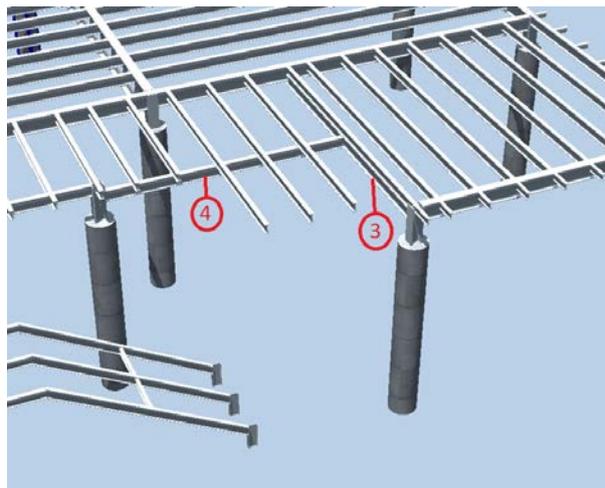


Fig. 62: Animación de brochales zona B. En esta imagen se observan los brochales nº 3 y nº 4. (Elaboración propia, Allplan 2015).



Fig. 63: Fotografía de Brochal nº 3 obtenida en la inspección nº 6. (Elaboración propia).

o **Vuelos del forjado:**

Tal y como se ha anunciado ya en ocasiones anteriores del presente documento, el forjado presenta un vuelo de unos 30 cm con respecto a la estructura principal de vigas y viguetas. Dicho vuelo ha sido resuelto mediante perfiles IPE 120 soldados a las vigas y viguetas, en todo el perímetro del edificio. Esto puede observarse gráficamente tanto en el esquema presentado para definición de las viguetas (Fig. 59) como en las animaciones del modelo insertadas.

9.1.2.2 Estructura Planta Primera.

o **Pilares:**

En Planta Primera, los pilares dejan de ser de HA, consistiendo en esta ocasión en pilares metálicos HEB 200, que se extienden desde el canto superior del forjado de la planta hasta el canto inferior del forjado de cubierta, excepto en los pilares P.2, P.8, P.18, P.9 y P.19, donde la dimensión se reduce. En los pilares nombrados, debido a la existencia de una cercha metálica que apoya en ellos, la cota superior de los mismos se reduce a la cota del canto inferior de la cercha. Por consiguiente, cabe especificar que la mayoría de los pilares que conforman la planta se extienden desde cota +4.70 m hasta cota +8.55 m, teniendo una longitud de 3.85 m. Por otro lado, los pilares mencionados anteriormente (P.2, P.8, P.18, P.9 y P.19) tienen una longitud de 3.05 m, extendiéndose desde cota +4.70 m hasta cota +7.75 m. En la Fig. 64 se puede observar una animación del pilar tipo de Planta Primera, además de la disposición de los pilares en la planta.

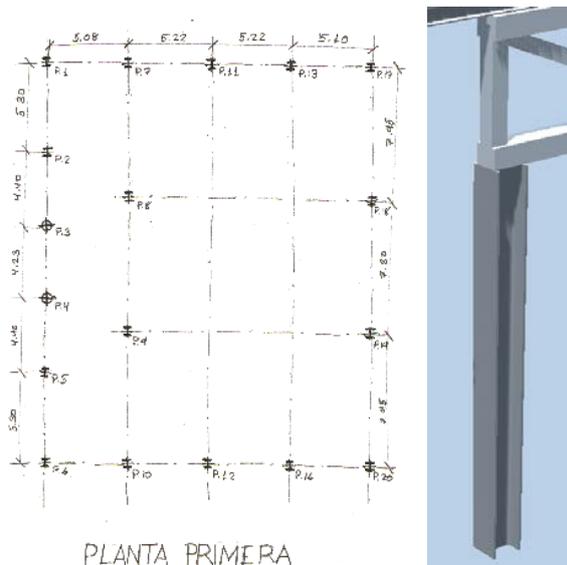


Fig. 64: Croquis de distribución de pilares en Planta Primera y animación de pilar tipo extraída del modelo, Allplan. (Elaboración propia)

Al igual que en Planta Primera, también es pertinente remarcar en este apartado la existencia de los pilares P.3 y P.4, pilares circulares de HA que se extienden por las dos plantas (hasta cota +7.75 m) y sobre los que también apoya la cercha mencionada.

o **Forjado:**

Tal y como se ha estipulado en apartados anteriores, se ha partido de la hipótesis de que todos los forjados del edificio son iguales, por lo que en esta ocasión simplemente se hace mención a lo descrito en el punto correspondiente del apartado 9.1.2.1 "Estructura Planta Baja".

o **Vigas y cerchas:**

En esta planta existen luces aún mayores que en Planta Baja, por lo que en esta ocasión nos encontramos con el elemento constructivo "cercha" como elemento que resuelve dichas luces de mayor dimensión.

De esta forma, para resolver las luces menores se cuenta con vigas metálicas IPE 200, que se encuentran en los laterales del forjado y cuyas luces no superan los 6 m. Mientras tanto, para resolver luces mayores, se ha detectado la existencia de cerchas metálicas, llegando a cubrir una luz máxima de 15.55 m, entre los pilares P.8 –P.18 y los pilares P.9 – P.19. La localización de ambos elementos puede observarse en la Fig. 65.

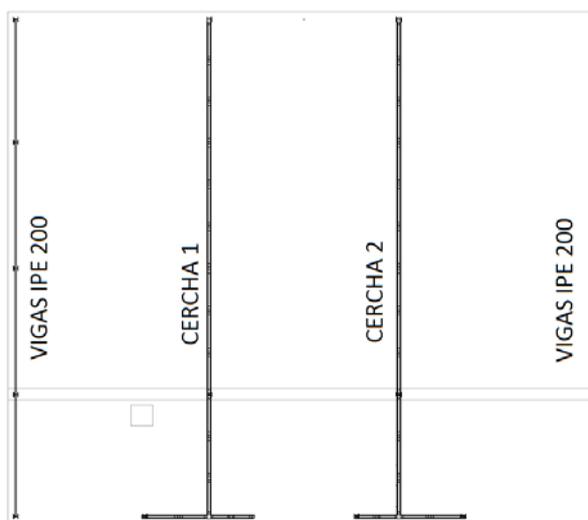


Fig. 65: Esquema de localización de cerchas y vigas en Planta Primera. (Elaboración propia, Allplan).

En cuanto a dimensiones y composición de las cerchas, cabe describirlas como una composición de perfiles metálicos tubulares de 40 x 40 x 2 mm, y una altura total de la cercha de 1 m, por lo que se sitúan entre cota +7.75 m y cota +8.75 m. La composición de las mismas puede observarse gráficamente en la animación insertada en la Fig. 66.

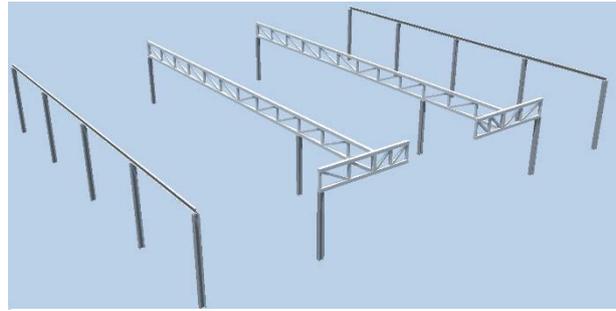


Fig. 66: Animación de estructura de Planta Primera, extraída del modelo. En ésta se observa la disposición de las vigas y las cerchas metálicas existentes en dicha planta. (Elaboración propia, Allplan 2015).

Por último, es importante destacar en este apartado la existencia de una simetría total en la estructura de este forjado, con respecto al eje central del edificio.

o **Viguetas:**

En Planta Primera, las viguetas están distribuidas en una única dirección, de forma paralela a la fachada principal del edificio. Dichas viguetas consisten en perfiles IPE 200, que apoyan sobre las vigas y cerchas descritas anteriormente.

En cuanto a la separación entre las viguetas, tenemos que decir que presentan una separación constante de 1.70 m, medido a ejes, excepto en la zona situada por encima de los pilares P.7, P.8, P.9 Y P.10, donde se localizan dos viguetas separadas 0.60 m. Dicha excepción se debe a que en ese lugar existe un canalón de desagüe de Planta Cubierta, del que se hablará en el correspondiente apartado del presente documento. Todo lo explicado con anterioridad puede verse reflejado gráficamente en la Fig. 67.

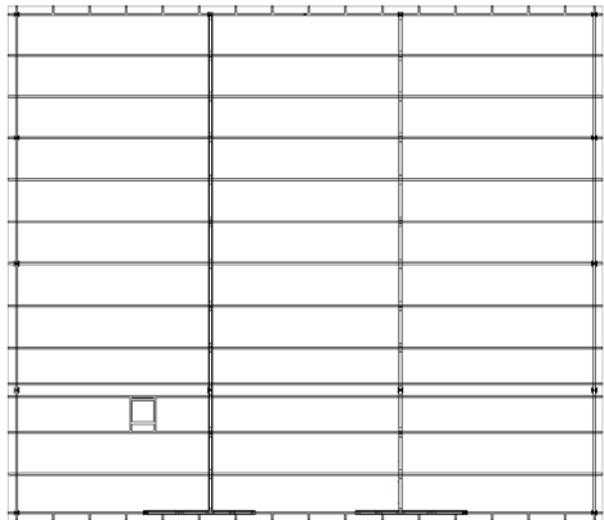


Fig. 67: Esquema de distribución de viguetas de Planta Primera. (Elaboración propia, Allplan).

o **Vuelos del forjado:**

En este forjado, el vuelo se ha resuelto de dos formas. Por un lado, en la dirección de las viguetas se ha subsanado con la prolongación de las mismas, puesto que en esta ocasión es posible debido a que se encuentran apoyadas en las vigas laterales, en lugar de empotradas mediante soldadura, como sucedía en Planta Baja. Por otro lado, en la dirección opuesta a la de las viguetas, el vuelo se ha resuelto de la misma forma que en Planta Baja, mediante soldadura de perfiles IPE 120 a las viguetas de borde. Todo lo descrito se puede observar claramente en la Fig. 67, añadida recientemente.

Finalmente, como conclusión de este apartado, se presenta en la Fig. 68 una animación de la estructura completa del edificio, extraída del modelo virtual generado.

En la figura mostrada, con motivo de un mejor entendimiento, se han ocultado los forjados del edificio, y se ha dividido por plantas, de forma que con la vistas proporcionadas se observa de una forma gráfica y a modo de resumen, toda la estructura vertical y horizontal que sustenta el edificio. Ni que decir tiene que para la elaboración de dicho modelo arquitectónico se ha tenido en cuenta todo lo especificado en este apartado.



Fig. 68: Animación del modelo arquitectónico generado. En la misma se observa a modo de resumen gráfico toda la estructura del edificio, con ocultación de los forjados y separación de plantas. (Elaboración propia, Allplan 2015).

Por último, es conveniente anotar que todo lo especificado en este apartado 9.1.2, referente al sistema estructural del edificio, quedará descrito gráficamente en la planimetría formal obtenida, concretamente en los planos: *12. Estructura Forjado Techo P. Baja*, *13. Estructura Forjado de Techo P. Primera* y *21. Visualizaciones Estructura y escalera*.

9.1.3 Sistema envolvente.

Para la descripción de la envolvente, se ha estudiado por un lado la fachada del edificio y por otro la cubierta del mismo, que se presentan desarrolladas en los siguientes subapartados:

9.1.3.1 Cerramiento de fachada.

El cerramiento de fachada del edificio se compone, en su cara interior, y apoyado sobre los forjados del edificio, de un tabique de yeso laminado con cámara de aire de 6 cm, generada por los montantes de dicho tabique. Este tabique se extiende por todo el perímetro interior de ambas plantas, con una altura de 3 metros y situado justo en borde de forjado. En cuanto a composición del tabique, cabe especificar que cuenta con un entramado de montantes y canales de acero galvanizado que dan solidez y consistencia al conjunto, además de una placa de yeso laminado de 15 mm en la cara interior. Dicho tabique forma también el recubrimiento de todos los pilares de Planta Primera. Se aprovecha para exponer que los pilares de Planta Baja no presentan recubrimiento, quedando el hormigón visto.

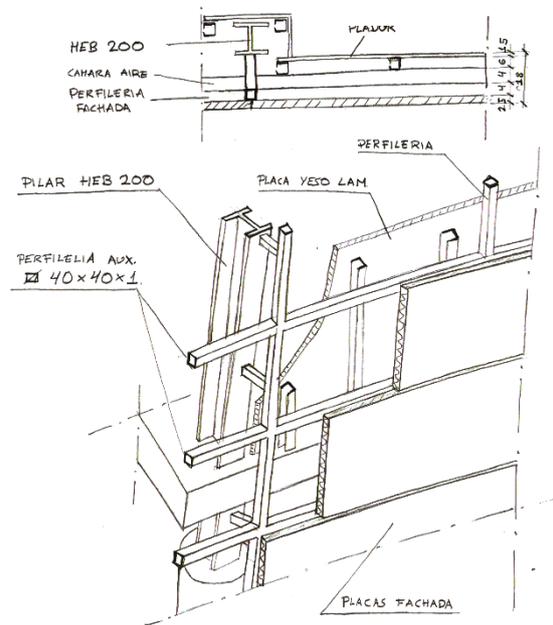


Fig. 69: Croquis de análisis y definición del cerramiento de fachada. En este se observan todos los elementos definidos en el presente apartado. (Elaboración propia).

Por otro lado, y como verdadera envolvente del edificio, nos encontramos una segunda piel formada por un entramado de perfiles metálicos tubulares de 40 x 40 x 2 mm sobre los que se sustentan las placas de fachada, con dimensión variable. Además, este entramado de perfiles metálicos se encuentra anclado a la estructura mediante perfiles auxiliares soldados a la estructura metálica del edificio. Todo lo expuesto puede observarse en el croquis presentado en la Fig. 69, realizado para el entendimiento del cerramiento.

Con respecto a dimensiones, es oportuno exponer que el nombrado entramado metálico se encuentra separado del borde de forjado, y a su vez del tabique interior, una longitud de 4 cm, lo que absorbe las posibles deformaciones por dilatación que puedan generarse en la estructura metálica horizontal del edificio.

Por último, en cuanto a las placas de fachada, que son las que están en contacto con el exterior y las que verdaderamente aíslan al edificio de los agentes exteriores, hay que decir que consisten en placas metálicas con aislamiento interior y con tratamiento superficial especial para exposición en exteriores. Geométricamente, las placas presentan una altura constante de 0.90 m, pero su longitud es variable, presentándose piezas de diversos tamaños, que han sido modeladas en la maqueta virtual del edificio con las dimensiones exactas tomadas "in situ". El espesor de las placas puede situarse en 25 mm, de los cuales 4 mm pueden ser aplicables a las dos capas metálicas y el resto debe estar destinado a un aislamiento térmico, del cual no se tiene constancia de su naturaleza.

Finalmente, a modo de conclusión de este apartado, y para aclarar gráficamente todo lo explicado, se presentan a continuación animaciones realistas obtenidas del modelo virtual generado, donde se observa la composición del cerramiento de fachada. Por consiguiente, se han adjuntado dos animaciones, distinguiendo en una primera imagen el entramado metálico de sustentación de la fachada, con sus respectivos anclajes a la estructura del edificio, y en la segunda la fachada terminada, donde se ven las placas exteriores y se puede constatar lo que se ha descrito al respecto. Fig. 70 y 71.

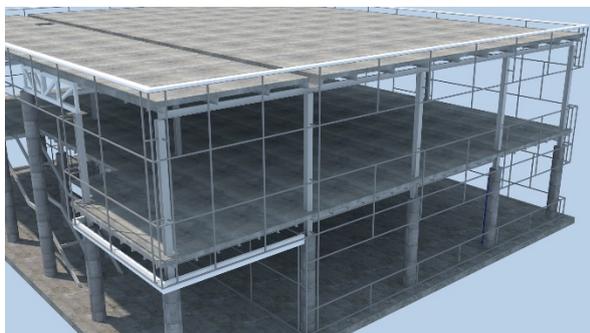


Fig. 70: Animación realista de entramado metálico de fachada, obtenida del modelo virtual. En esta se observa la disposición de los perfiles metálicos que sustentan las placas de fachada, así como sus anclajes a la estructura del edificio. (Elaboración propia, Allplan 2015).



Fig. 71: Animación realista de fachada completa, obtenida del modelo virtual generado. En la presente se observan las placas de fachada que recubren todo el volumen del edificio, con los respectivos huecos destinados a las ventanas y puertas del inmueble. (Elaboración propia, Allplan 2015).

Todo lo establecido se define gráficamente en el Detalle de Fachada, a escala 1:20, incorporado en el *Plano 08. Sección C-C' y Detalle de Fachada*. Además, se dispone de una visualización realista recogida en el *Plano 22. Visualizaciones Cerramiento Fachada*.

9.1.3.2 Cubierta.

La cubierta del edificio es una cubierta no transitable, a la que se accede únicamente para las operaciones de mantenimiento de la misma y de las instalaciones que encontramos en ella, y cuyo acceso se efectúa mediante la trampilla de acceso mentada en varios apartados de este documento. La definición de dicha trampilla de acceso puede obtenerse retrocediendo al apartado 8.5.2.2 *Inspecciones Planta Primera*. Concretamente en la Inspección nº 9.

En cuanto a los elementos que se pueden encontrar en la cubierta, ya se hacía una mención a los mismos en el apartado 8.5.2.3 *Inspecciones cubierta*. No obstante, a continuación se procederá a definir de una forma más exhaustiva los elementos más peculiares de la misma.

En primer lugar, y descartando la trampilla de acceso a la cubierta, que ya ha sido definida anteriormente, se puede resaltar la existencia de un canalón o desagüe que resuelve la evacuación de aguas de la misma. Este desagüe se extiende por todo el ancho de la cubierta, paralelo a la fachada principal del edificio, y



Fig. 72: Fotografía de canalón de desagüe de cubierta. (Elaboración propia).

queda embebido en el forjado, lo que supone un hueco en el mismo, y para lo cual se han dispuesto las dos viguetas a una separación de 0.60 m, de las que se hablaba en el apartado 9.1.2.2 "Estructura Planta Primera". El hueco por el que discurre el canalón está generado en su parte inferior por una chapa galvanizada, situada en la cara inferior de las viguetas IPE 200 dispuestas para tal fin y con una separación de 0.60 m, que hace posible el hueco en el forjado. Dicha chapa se encuentra encastrada entre las alas inferiores de las viguetas, y soldadas a las mismas. La impermeabilización del canalón de desagüe se observa que ha sido resuelta mediante cubrición con lámina asfáltica impermeabilizante, que cubre todo el forjado de cubierta, incluyendo también el pretil perimetral, que se describirá a continuación. En la Fig. 72 puede observarse una fotografía que describe gráficamente la composición del canalón definido.

En la cubierta también se dispone de un pretil perimetral, consistente en una citara de ladrillo perforado de 0.30 m de altura, cubierto en su totalidad con la lámina asfáltica, para impermeabilización del mismo. Además, sobre dicho pretil se observa una barandilla de seguridad de 1 metro de altura, elaborada mediante perfiles metálicos tubulares, y cuya composición puede observarse en una de las fotografías presentadas en la Fig. 73, imagen izquierda



Fig. 73: Fotografías de elementos de fachada. En estas se puede observar por una parte la composición de la barandilla de seguridad y el pretil perimetral, en la imagen izquierda, y por otra parte la solería de cubierta, en la imagen derecha. (Elaboración propia).

Por último, en cuanto al acabado superficial del forjado de cubierta, se intuye que consistirá en una capa de mortero de formación de pendiente sobre la lámina de impermeabilización, y sobre dicha capa se dispondrá la solería de acabado de la cubierta. Esta solería, tal y como puede observarse en la Fig. 73, consiste en placas de 1.20 x 0.60 m, dispuestas en sentido paralelo a la fachada principal y con incorporación del aislamiento térmico en la propia placa.



Fig. 74: Animación de cubierta, obtenida del modelo. En esta se observan los elementos que componen la cubierta, que han sido modelados con respecto a lo especificado en el presente apartado. (Elaboración propia, Allplan 2015).

Por último, como se viene haciendo en los apartados anteriores, se presenta a continuación una animación realista de la cubierta, tal y como se ha modelado en la maqueta virtual del edificio que ha sido generada. Fig. 74.

9.1.4 Sistema de compartimentación.

Las particiones del edificio han sido definidas mediante medición de su espesor, análisis visual desde el falso techo o pruebas sonoras en los mismos, detectando si se trataban de particiones de yeso laminado (huecas) o de fábrica (macizas). Tras el análisis exhaustivo de las mismas, se obtiene que existen varios tipos de particiones en el edificio, cuya descripción se aporta a continuación.

En Planta Baja se disponen particiones que consisten de una forma mayoritaria en tabiques de ladrillo hueco simple de 24 x 11 x 5 cm, enfoscados a ambas caras, con un espesor total de 8 cm. Dichas particiones tienen una altura de 3 m, extendiéndose entre cota +0.30 m y cota +3.30 m y elevándose tan solo 10 cm por encima del falso techo de la planta. En la Fig. 75 puede observarse una fotografía que evidencia lo especificado.



Fig. 75: Fotografía de partición tipo de Planta Baja. Extraída en la Inspección nº 2. (Elaboración propia).

Todas las particiones de la Planta Baja tienen la misma composición descrita anteriormente, excepto la partición central que divide la planta en dos mitades y que actualmente conforma la pared lateral derecha del Distribuidor de la planta, según se entra al edificio. Esta última consiste en una partición que se extiende por toda la longitud transversal de la planta, en dirección perpendicular a la fachada principal, y está compuesta por una citara de ladrillo hueco

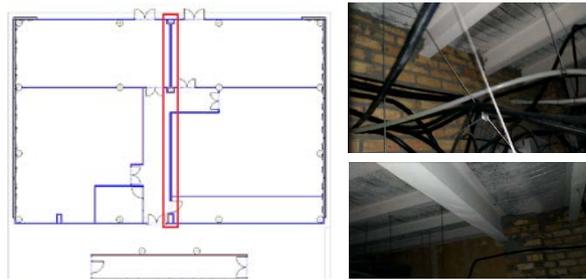


Fig. 76: Esquema de localización de la partición central de Planta Baja y fotografías que evidencian la descripción definida. (Elaboración propia).

doble de 24 x 11 x 9 cm, revestido también por ambas caras. Tiene una altura que ocupa toda la altura libre entre forjados, por lo que se apoya en el forjado de Planta Baja y se alarga hasta el canto inferior del forjado de Planta Primera (desde cota +0.30 m a cota +4.55 m). Sin embargo, el enfoscado de éste último solo abarca una altura de 3 m, cubriendo únicamente la parte vista, y sobrepasando el falso techo en unos 10 cm. Esto puede observarse en la Fig. 76, donde se muestra un esquema en planta de las compartimentaciones de Planta Baja y algunas fotografías que documentan lo especificado.

La existencia de dos tipos de particiones en la planta se debe a que el edificio que se está estudiando, antes de tener su Planta Baja destinada al uso actual de laboratorios, se dividía en dos aulas a las que se accedía desde el exterior, y el tabique definido dividía ambas aulas. De esta forma, con una construcción más reciente se redistribuyeron las compartimentaciones en la planta, eliminando los dos accesos a la planta y generando una única entrada en el centro, que comunica con un pasillo distribuidor, tal y como se observa en la planimetría y esquemas presentados. Sin embargo, es observable que para la nueva distribución de la planta se aprovechó el tabique existente en ese momento, teniendo únicamente que abrir dos huecos en el mismo para dar acceso a la zona derecha de la planta, pero los nuevos se realizaron tal y como se ha expuesto en el primer tipo de partición descrita.

Todo lo anterior se ha deducido del análisis pormenorizado de la planta, donde se encuentran evidencias de ello, además de una investigación al respecto, preguntando a profesores de la escuela que conocieron el edificio con su distribución antigua.

Como anotación en las particiones de dicha planta, es necesario especificar que las mismas inciden directamente sobre los pilares circulares de HA, que quedan vistos. Estas uniones se han resuelto con un perfil metálico en "U", de la forma que se observa en la Fig. 77.



Fig. 77: Fotografías reales y animaciones de uniones entre particiones y pilares de HA en Planta Baja. Las dos primeras imágenes son fotografías reales realizadas en la inspección nº 2 y las otras dos son animaciones extraídas del modelo, Allplan. (Elaboración propia).

Por otro lado, en Planta Primera han sido observadas tres tipos de particiones, consistentes en lo siguiente:

En primer lugar, existe una partición de 0.27 m de espesor, compuesta por una citara de ladrillo perforado y cámara de aire de 7.5 cm, delimitada por un tabique de ladrillo hueco simple de 24 x 11 x 5 cm y enlucida con mortero por ambas caras. Dicha partición tiene una altura variable, alargándose en algunas partes de su extensión de cara a cara de forjado, y en otras con una altura de 3 m, para dejar paso a las instalaciones del falso techo. Ésta es la partición que divide la zona de aulas de la zona común de acceso a la planta y aseos, y su localización y composición puede observarse en la Fig. 78.

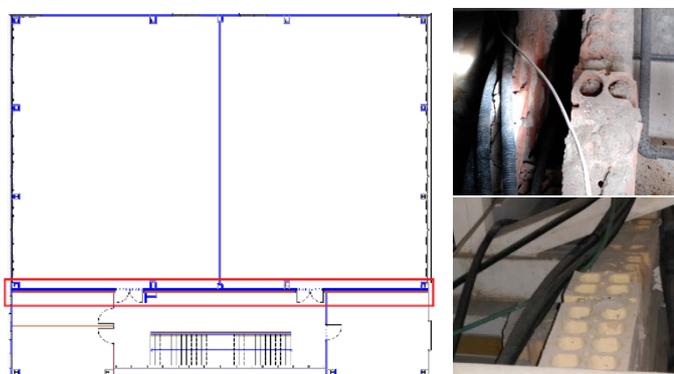


Fig. 78: Esquema localización partición tipo 1 en Planta Primera y fotografías de composición de dicha partición. (Elaboración propia).

En segundo lugar, se ha observado la existencia de particiones iguales a las de Planta Baja, consistentes en tabiques de ladrillo hueco simple de 24 x 11 x 5 cm, que se encuentran en la compartimentación de los aseos y tienen una altura de 3.20 m, sobrepasando el falso techo de los aseos unos 0.30 m, tal y como se observa en la Fig. 79.



Fig. 79: Fotografía de partición en aseos de Planta Primera, extraída en la inspección nº 9, a través de la trampilla de acceso a la cubierta. (Elaboración propia).

Por último, se ha observado un tercer tipo de partición en Planta Primera, que divide las dos aulas de Planta Primera, así como el despacho de Dibujo. Este último tipo consiste en una partición de yeso laminado, con la misma composición que el tabique interior perimetral de fachada, descrito en el apartado anterior. Por consiguiente, cuenta con un entramado de montantes y canales de acero galvanizado que dan solidez y consistencia al conjunto, además de una placa de yeso laminado de 15 mm en cada una de las caras, sumando un espesor total de 0.10 m.

A modo de aclaración general de la compartimentación existente en el edificio, se añaden a continuación animaciones extraídas del modelo virtual del edificio, donde se observan las compartimentaciones existentes en cada una de las plantas, Fig. 80.

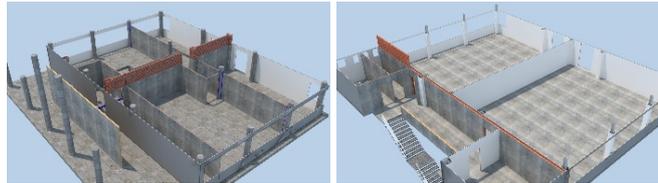


Fig. 80: Animaciones de particiones existentes en el edificio. A la izquierda se observan las particiones modeladas en Planta Baja y a la derecha las de Planta Primera. (Elaboración propia, Allplan 2015).

Para finalizar, cabe especificar que todo lo descrito en este apartado queda recogido formalmente en la planimetría de estado actual generada, concretamente en los planos: *14. Acabados Planta Baja* y *15. Acabados Planta Primera*.

9.1.5 Escalera.

La escalera que da acceso a la Planta Primera consiste en una escalera de tramo recto, con descansillo intermedio, que salva una altura total de 4.47 m, con cota de partida +0.30 m y con terminación en cota +4.77 m. Consta de una huella de 0.30 m y una contrahuella de 0.18 m, y está formada por un total de 24 peldaños, divididos en dos tramos de 12 peldaños, los cuales se separan mediante descansillo intermedio de 1.60 m de longitud. La escalera tiene una anchura de 1.80 metros, y cuenta con una barandilla y pasamanos metálicos en el lateral izquierdo y un pasamano metálico en el lateral derecho, anclado a muro.

En lo que respecta a la estructura de la escalera, se puede definir como una estructura metálica compuesta por perfiles metálicos IPE 160, que se empotran mediante soldadura a la estructura horizontal del forjado de techo de Planta Primera. Dicha estructura que conforma la zanca de escalera está compuesta por tres vigas metálicas IPE 160, que son las que se empotran en la estructura del edificio, en su extremo superior, y al forjado sanitario, en su extremo inferior. No obstante, esta estructura está reforzada con perfiles IPE 120 que unen las tres vigas. Además, cuenta con perfiles tubulares de 30 x 30 x 2 mm y perfiles en "L" que conforman los peldaños de la escalera. La estructura de escalera descrita puede observarse gráficamente en las fotografías de la Fig. 81.



Fig. 81: Composición fotográfica de la estructura metálica que conforma la escalera del edificio. (Elaboración propia).

Por otro lado, en lo que respecta a los acabados de la escalera, se puede destacar que los peldaños consisten en bloques de hormigón de 180 x 30 x 5 cm, con superficie superior tratada mediante lavado de chinos, proporcionando la textura que puede



Fig. 82: Fotografías de acabados de la escalera del edificio. En las presentes puede observarse el acabado superficial de los bloques que conforman los peldaños, la composición de los mismos y la barandilla y pasamanos que presenta la misma. (Elaboración propia).

observarse en las fotografías de la Fig. 82. Dichos bloques se encuentran encastrados en los perfiles en "L" citados anteriormente. También cabe especificar en este punto la composición de la barandilla que presenta la escalera en su lateral izquierdo, que está realizada mediante chapa metálica, de la forma que puede observarse en la Fig. 83. Y por último, el pasamano consiste en un perfil metálico tubular de sección circular y diámetro 10 cm.

Finalmente, se procede a la aclaración de la composición de la escalera, mediante el adelanto de animaciones realistas de la escalera, obtenidas del modelo virtual del edificio, que se ha generado con respecto a todo lo especificado en este apartado, y cuyo proceso podrá analizarse en posteriores apartados de este documento. Dichas imágenes se recogen en la composición realizada en la Fig. 83.

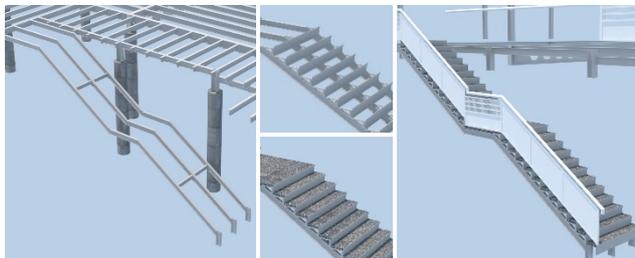


Fig. 83: Animaciones de escalera obtenidas del modelo virtual. En las mismas se ha realizado una descomposición de los elementos que componen la escalera, que han sido modelados con las especificaciones descritas en este apartado. (Elaboración propia, Allplan 2015).

No obstante, la escalera queda definida visualmente mediante una perspectiva de descomposición constructiva de la misma en el *Plano 21. Visualizaciones estructura y escalera*.

9.1.6 Revestimientos y acabados.

A continuación se definirán los acabados superficiales que presenta el edificio en su interior, para lo cual se ha diferenciado entre acabados superficiales laterales, solados y techos, definiendo en cada apartado lo que ha sido estudiado en la fase de análisis y toma de datos del edificio.

9.1.6.1 Acabados de superficies laterales.

Comenzando por Planta Baja, cabe destacar en una primera instancia que se encuentran dos tipos de revestimientos, dependiendo de la naturaleza de cada local o estancia, y el uso al que está destinado cada uno de ellos. De esta forma, nos encontramos por un lado locales húmedos, que son los Laboratorios 01, 02 y 03 y el Laboratorio de Investigación, y por otro lado locales secos, que en esta planta son el almacén, el despacho de materiales y el pasillo distribuidor de la planta.

En los locales húmedos (laboratorios), los acabados superficiales laterales consisten en alicatado mediante azulejo cerámico liso 20 x 20 cm, de color blanco, hasta una altura de 1.40 m, y enlucido de mortero con aplicación de pintura plástica blanca en el resto de su extensión. Dicho alicatado de azulejo cerámico cubre también los tabiques de sustentación de la encimera existente en los laboratorios. La descripción realizada para los acabados de locales húmedos en Planta Baja puede observarse en las fotografías presentadas en la Fig. 84.



Fig. 84: Fotografías de acabados de superficies laterales en locales húmedos de Planta Baja. En las mismas se observan los acabados superficiales laterales existentes en Laboratorio 01 y Laboratorio 02, respectivamente. (Elaboración propia).

Por otro lado, los locales secos han sido resueltos mediante un acabado superficial consistente en un enlucido de mortero con aplicación de pintura plástica blanca, además de un rodapié cerámico perimetral de 7 cm de altura y con el mismo acabado superficial que la solería de la planta, que será definida en el siguiente punto del presente apartado. Esto puede observarse en la Fig. 85.



Fig. 85: Fotografía de acabados en Distribuidor de Planta Baja, presentado como ejemplo de acabados superficiales en locales secos. (Elaboración propia).

En lo que respecta a la Planta Primera, sucede lo mismo que en Planta Baja, encontrándose diferentes acabados según la naturaleza de cada estancia. Nos encontramos locales húmedos, que en este caso son los aseos masculino y femenino, y locales secos, que son el Hall o recibidor de la planta, las aulas 0.1 y 0.2 y el despacho de dibujo existente en la misma.

Por consiguiente, comenzando esta vez por los locales secos, que las superficies laterales cuentan con el mismo acabado superficial definido en los locales secos de Planta Baja, con la única objeción de que en las particiones de yeso laminado únicamente existe aplicación de pintura plástica blanca sobre las placas de yeso laminado, constando también de rodapié cerámico perimetral. Esto es aplicable tanto a las particiones de yeso laminado como al tabique perimetral de yeso laminado que forma parte del cerramiento de fachada del edificio.

Por último, los locales húmedos de Planta Primera (aseos) tienen una composición similar a la establecida en los locales húmedos de la planta inferior, presentado en esta ocasión un alicatado cerámico mediante baldosas cerámicas esmaltadas de 10 x 10 cm, color gris, que se extienden hasta una altura de 2 m. La altura restante de las paredes laterales de los aseos está resuelta mediante enlucido de mortero con aplicación de pintura plástica blanca. Los aspectos definidos pueden observarse en la Fig. 86.



Fig. 86: Fotografía de aseos de Planta Primera. En estas se observa tanto el acabado de superficies laterales como la solería de los mismos. (Elaboración propia).

9.1.6.2 Solados.

En Planta Baja la solería es igual en todos los locales o estancias, consistente en una solería de baldosas de terrazo para interiores, de 40 x 40 cm y color gris, para pulido y abrillantado. Esto puede observarse en la fotografía izquierda del montaje realizado en la Fig. 87.

Por otro lado, en Planta Primera, la solería general de la planta es la misma que en P. Baja, pero se presenta una distinción en los aseos, donde se dispone una solería de baldosas cerámicas de 60 x 20 cm, color negro, observable en la fotografía derecha de la Fig. 87.



Fig. 87: Fotografías de solados existentes en el edificio. La imagen de la izquierda pertenece al distribuidor de Planta Baja, y la de la derecha a uno de los aseos de Planta Primera. (Elaboración propia).

Por último, cabe resaltar en este punto que puesto que no se han podido realizar catas en la solería ni se tiene información al respecto, se ha establecido un espesor total de 7 cm en la solería de ambas plantas, y se ha modelado así en el modelo virtual realizado, cuyo proceso se describirá más adelante.

9.1.6.3 Techos.

En ambas plantas, se presenta un falso techo modular registrable situado a una altura de 2.95 m respecto del forjado inferior, que tras deducir los 7 cm que se presupone que tendrá aproximadamente la solería, genera una altura libre de planta de 2.88 m.

Se trata de un techo registrable compuesto por placas de yeso laminado de 0.60 x 0.60 m, apoyadas en un entramado de perfiles metálicos, tal y como puede observarse en las fotografías presentadas en la Fig. 88.



Fig. 88: Fotografías de falso techo. En ellas puede observarse el falso techo desde la parte inferior y superior del mismo, quedando perfectamente definido. (Elaboración propia).

Finalmente, para aclarar todo lo explicado en este apartado (9.1.6), se procederá de la misma forma que se ha venido realizando en los apartados anteriores, presentando algunas animaciones extraídas del modelo, donde se confirma que todo lo especificado ha sido modelado tal y como se ha explicado, y para demostrar que todo lo anteriormente definido queda perfectamente recogido en la maqueta virtual del edificio, objetivo principal del presente proyecto. De tal forma, en la Fig. 89 puede observarse un conjunto de animaciones del modelo, en lo que respecta a acabados interiores del edificio.



Fig. 89: Animaciones de acabados asignados en la maqueta virtual. En ellas pueden observarse los acabados tanto de locales húmedos como de locales secos, en ambas plantas del edificio. Las dos animaciones superiores pertenecen a Planta Baja, mientras que las inferiores pertenecen a Planta Primera. (Elaboración propia, Allplan 2015).

No obstante, todo lo mencionado queda recogido formalmente en la planimetría de estado actual, *Plano 14. Acabados Planta Baja y Plano 15. Acabados Planta Primera.*

9.1.7 Instalaciones del edificio.

Como se ha indicado en el apartado 5. “*DELIMITACIÓN DEL CAMPO DE TRABAJO.*”, el capítulo de instalaciones del edificio se ha quedado fuera de estudio en el presente proyecto, debido a la acotación del espacio de trabajo que ha sido necesario realizar para abordar este proyecto de investigación, por la naturaleza del mismo. De esta forma, no se han analizado en esta ocasión las instalaciones del

inmueble, aunque hay que decir que se trata de una cosa de vital importancia para tratar el modelo como herramienta para el mantenimiento del mismo, pero que excede de las posibilidades del presente proyecto de iniciación a la investigación. Por ello, se redacta el presente párrafo para dejar claro que sería necesario modelar las instalaciones del edificio para contar con un adecuado modelo de estado actual de mantenimiento y operaciones, generándose aquí una nueva vía o línea de desarrollo abierta, para futuras incorporaciones. No obstante, se ha preparado el archivo del proyecto para que puedan incorporarse al modelo en futuras intervenciones al mismo, tal y como sucedía con el capítulo de Cimentaciones del edificio.

9.2 FICHAS DESCRIPTIVAS DE ESPECIFICACIÓN BIM. RESULTADOS FASE 3.

Atendiendo a lo establecido en el Documento 3 de las Guías uBIM, *“Diseño Arquitectónico”*, cabe resaltar que la misma recomienda, en su apartado 3.2.7 *“Ficha descriptiva del modelo”*, que una vez generado el modelo BIM se elabore una ficha descriptiva del mismo, que describa los contenidos del modelo y explique la finalidad para la que se publica el mismo, así como su grado de precisión. Además, en dicha guía se establece que la ficha debe contener, además de los contenidos, la finalidad y el grado de fiabilidad del modelo, la información sobre el software de modelado empleado, las diferentes versiones creadas a partir del modelo original, la última fecha de actualización, la posible nomenclatura acordada, etc.

Por último, también se recomienda en la nombrada guía que si se desarrolla el modelo empleando distintas capas para cada una de las partes o elementos que lo componen, es conveniente definir el sistema de capas empleadas en la ficha descriptiva. No obstante, la empleabilidad de capas es opcional, pudiéndose modelar un edificio sin necesidad de hacer dicha distinción, aunque en el caso que nos compete sí que se ha modelado de esta forma, puesto que se considera de gran importancia a la hora de gestionar el modelo y de generar la planimetría formalizada del mismo, al menos en la plataforma BIM empleada, Allplan 2015.

Por consiguiente, con el desarrollo del presente proyecto se procederá a la elaboración de una ficha descriptiva de especificación BIM del modelo. No obstante, en esta ocasión se ha ido un poco más allá, generándose tanto la nombrada ficha resumen del modelo completo como una ficha descriptiva para cada uno de los elementos o capítulos que lo componen, puesto que se considera importante la definición pormenorizada de cada una de las partes que han sido modeladas. Con esto queda perfectamente definido el modelo, sabiendo en todo momento la fiabilidad de cada uno de los elementos que se pretendan estudiar o consultar en posteriores utilidades del modelo, así como el resto de parámetros, datos o anotaciones que se han considerado necesarios, y que serán recogidos en su correspondiente apartado posterior de este documento. Además, con las nombradas fichas de especificación por capítulos se ha aprovechado para realizar anotaciones de la metodología empleada para el modelado de cada una de las partes o capítulos, cuyo proceso se ha abordado cumpliendo lo que establece la misma Guía uBIM nº 3 *“Diseño Arquitectónico”*, en su apartado 3.4.5 *“Fase de Diseño Pormenorizado”*.

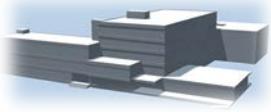
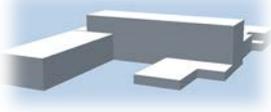
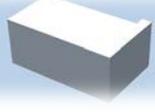
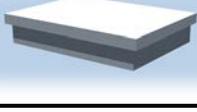
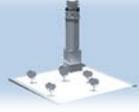
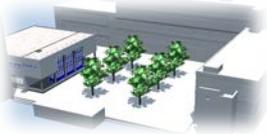
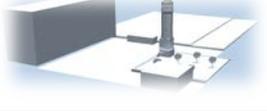
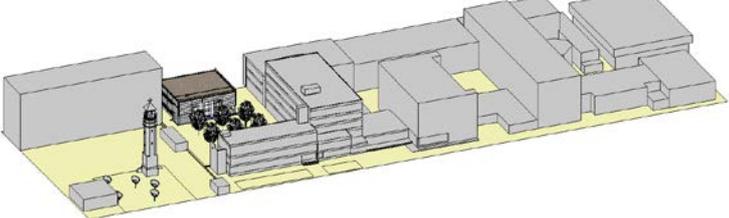
De este modo, se ha procedido a la realización de una plantilla de Ficha Descriptiva de Especificación BIM, de forma que se cumplan los fundamentos teóricos recogidos en la citada Guía uBIM, y ampliándose con los parámetros y anotaciones que se han considerado oportunos. Con ello se pretende mostrar una plantilla que pueda extrapolarse al abordaje de cualquier otro modelado BIM, ya sea de estado actual o de nuevo diseño de edificio.

9.2.1 Fichas Descriptivas de Especificación BIM generales.

Cumpliendo con lo establecido en el Documento 3 de las Guías uBIM, se ha realizado una ficha descriptiva del modelo, que resume los contenidos, la finalidad de publicación, el grado de fiabilidad del modelo y demás parámetros descritos anteriormente. Pero previamente, se ha elaborado una ficha resumen de especificación BIM del Modelo de Emplazamiento generado, referente al Campus Universitario Reina Mercedes, en la que se resumen las partes de dicho campus que han sido modeladas. La misma queda recogida a continuación en el presente apartado.

Atendiendo al contenido de dichas fichas, cabe realizar algunas anotaciones. En cuanto al nivel de fiabilidad o nivel de desarrollo del modelo, es necesario comentar que al modelo se le asignará un nivel de desarrollo (LOD) global, aunque después cada uno de los elementos modelados puedan tener un nivel de desarrollo distinto. Por consiguiente, como podrá observarse en la ficha resumen que se adjunta a continuación, el modelo BIM de Estado Actual que ha sido generado en este trabajo responde a los requisitos de un LOD 300, aportando una información y geometría precisa, y con un nivel de información que permite generar los documentos convencionales que componen un proyecto de definición de un edificio en su estado actual, así como la posibilidad de obtener un presupuesto y una programación para cualquier reforma a realizar. No obstante, en la especificación BIM por capítulos podrán localizarse elementos con un menor grado de desarrollo, puesto que se han establecido según los requisitos establecidos para cada elemento constructivo por la AIA (American Institute of Architects) en su publicación "*Level of Developmetn Specification, 2013*".

9.2.1.1 Ficha nº 1. Resumen de Especificación BIM. Modelo de Emplazamiento.

FICHA Nº		1		RESUMEN DE ESPECIFICACIÓN BIM. MODELO EMPLAZAMIENTO	
TÍTULO / PROYECTO			"CAMPUS REINA MERCEDES"		
SOFTWARE BIM / VERSIÓN EMPLEADA			ALLPLAN 2015		
FINALIDAD DEL PROYECTO			GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y OPERACIONES DEL CAMPUS		
CONTENIDO / RESUMEN	EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA E.T.S.I.E. (*FICHA Nº2)	NIVEL DE DESARROLLO	LOD 300		
		RESERVA DE ARCHIVOS	0 - 999		
		ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN	24/06/15		
	EDIFICIO PRINCIPAL E.T.S.I.E.	NIVEL DE DESARROLLO	LOD 100		
		RESERVA DE ARCHIVOS	1000 - 1999		
		ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN	24/06/15		
	EDIFICIO PRINCIPAL E.T.S.A.	NIVEL DE DESARROLLO	LOD 100		
		RESERVA DE ARCHIVOS	2000 - 2999		
		ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN	24/06/15		
	AULARIO COMPARTIDO E.T.S.I.E. + E.T.S.A.	NIVEL DE DESARROLLO	LOD 100		
		RESERVA DE ARCHIVOS	3000 - 3999		
		ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN	24/06/15		
	PABELLÓN POLIDEPORTIVO	NIVEL DE DESARROLLO	LOD 100		
		RESERVA DE ARCHIVOS	4000 - 4999		
		ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN	24/06/15		
TORRE ANTIGUO PABELLON CORDOBA (EXPO 1929)	NIVEL DE DESARROLLO	LOD 100			
	RESERVA DE ARCHIVOS	5000 - 5999			
	ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN	24/06/15			
APARCAMIENTOS E.T.S.I.E.	NIVEL DE DESARROLLO	LOD 100			
	RESERVA DE ARCHIVOS	6000 - 6999			
	ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN	24/06/15			
CENTRO INVESTIGACIÓN C.I.T.I.U.S.	NIVEL DE DESARROLLO	LOD 100			
	RESERVA DE ARCHIVOS	7000 - 7999			
	ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN	24/06/15			
APARCAMIENTOS C.I.T.I.U.S.	NIVEL DE DESARROLLO	LOD 100			
	RESERVA DE ARCHIVOS	8000 - 8999			
	ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN	24/06/15			
MODELO COMPLETO DE EMPLAZAMIENTO					

9.2.1.2 Ficha nº2. Especificación BIM del modelo generado. Edificio de Laboratorios de la E.T.S.I.E.

FICHA Nº	2	ESPECIFICACIÓN BIM DEL MODELO GENERADO	
PROYECTO	"CAMPUS REINA MERCEDES"		
MODELO	"EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA E.T.S.I.E."		
NIVEL DESARROLLO	LOD 300		
SOFTWARE / VERSIÓN	ALLPLAN 2015		
ÚLTIMA ACTUALIZ.	24/06/15		
CONTENIDO	ESTRUCTURA	SI	EXCEPTO CIMENTACIÓN
	ALBAÑILERÍA	SI	COMPLETA
	INSTALACIONES	NO	-
CAPAS / LAYERS	* DEFINIDAS EN FICHAS DE ESPECIFICACIÓN BIM POR CAPÍTULOS		
ARCHIVOS DE TRABAJO	PLANTA BAJA	RESERVAS:	100 - 199
		UTILIZADOS:	100 – FORJADO PB. 101 – ALBAÑILERIA Y PILARES PB. 102 – ESTRUCTURA METÁLICA PB. 103 – VIGUETAS PB. 104 – CERRAMIENTO FACHADA. 105 – MURETE PERIMETRAL 0.20 m. 106 – ENCIMERA PB. 107 – MOBILIARIO PB.
	PLANTA PRIMERA	RESERVAS:	200 – 299
		UTILIZADOS:	200 – FORJADO P1. 201 – ALBAÑILERÍA Y PILARES P1. 202 – ESTRUCTURA METÁLICA P1. 203 – VIGUETAS P1. 204 – CERRAMIENTO DE FACHADA. 205 – ENCIMERA Y RECUB. PILARES P1. 206 – MOBILIARIO P1.
	CUBIERTA	RESERVAS:	300 - 399
		UTILIZADOS:	300 – FORJADO CUBIERTA. 301 – ALBAÑILERIA Y ELEMENTOS CUB.
	CIMENTACIÓN	RESERVAS:	400 – 499
		UTILIZADO:	NO MODELADO
FORMATOS DE TRANSFERENCIA	FORMATO NATIVO (PRJ) - ALLPLAN 2015	(Clic en el siguiente enlace)	
	IFC MODELO ESTRUCTURAL	(Clic en el siguiente enlace)	
	IFC MODELO ARQUITECTÓNICO	(Clic en el siguiente enlace)	
	IFC MODELO EMPLAZAMIENTO	(Clic en el siguiente enlace)	

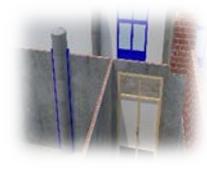
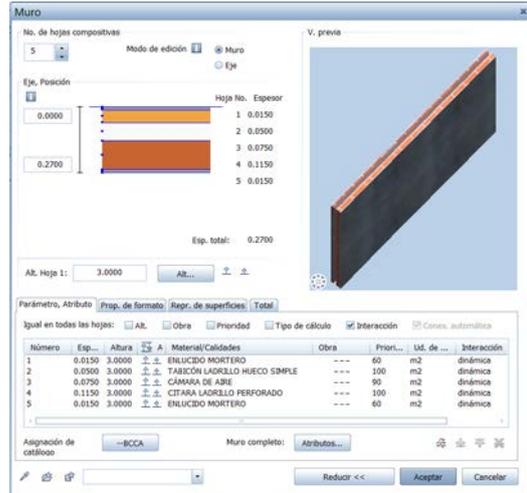
9.2.2 Fichas Descriptivas de Especificación BIM por capítulos.

Cumpliendo con lo definido en la introducción de este apartado, se procede en este punto a definir la especificación BIM de todos los elementos o partes que componen el modelo generado. Para ello, se ha seguido la clasificación y orden establecido por el ya nombrado Documento 3 de las Guías uBIM, “Diseño Arquitectónico”, en su apartado 3.4.5 “Fase de Diseño Pormenorizado”, donde se establecen los fundamentos que hay que tener en cuenta a la hora de modelar un edificio, que han sido estudiados y respetados para el abordaje del presente proyecto.

Finalmente, y antes de la presentación de las Fichas Descriptivas de Especificación BIM por capítulos, cabe resumir el contenido de las mismas, que consiste en lo definido por la nombrada guía de buildingSMART para la ficha descriptiva general del modelo, a lo que se han añadido otros parámetros que se han considerado necesarios, como son los asistentes del programa con los que se ha modelado cada parte, las capas o layers en las que se encuentran, los archivos de trabajo, etc.

Por consiguiente, se procederá a continuación a la especificación BIM de todos los elementos modelados, mediante las fichas específicas que han sido descritas.

9.2.2.1 Ficha nº 3. Muros.

FICHA Nº	3	ESPECIFICACIÓN BIM POR CAPÍTULOS	MUROS
PROYECTO	"CAMPUS REINA MERCEDES"	ANIMACIONES DEL MODELO:	
MODELO	"EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA E.T.S.I.E."		
CAPÍTULO / ELEMENTO	<u>MUROS</u>		
NIVEL DESARROLLO	LOD 300		
SOFTWARE / VERSIÓN	ALLPLAN 2015		
ÚLTIMA ACTUALIZ.	24/06/15		
ARCHIVOS DE TRABAJO	PLANTA BAJA	101 – Albañilería y pilares PB.	
	PLANTA PRIMERA	201 – Albañilería y pilares P1.	
	PLANTA CUBIERTA	301 – Albañilería Cubierta.	
CAPAS / LAYERS_ALLPLAN	AR_MU / AR_MU_FA		
ASISTENTE DE CREACIÓN_ALLPLAN	HERRAMIENTA "MURO"		
CATEGORÍA DE REFORMA_ALLPLAN	ATRIBUTO "ELEMENTO EXISTENTE"		
ANOTACIONES DE MODELADO			
<p>Cumpliendo con lo establecido en el Documento 3 de las Guías uBIM, los muros han sido modelados con la herramienta "muros", de forma que adquieran dicha naturaleza en el programa, y sean reconocidos como tal al exportarlo en el formato de transferencia IFC.</p> <p>En cuanto a aplicación de materiales y designación de las hojas que componen cada muro, han sido definidas de forma manual cada una de las capas, como puede observarse en la imagen adjunta a la derecha, donde se observa una de las particiones del edificio.</p> <p>En la misma puede verse que se trata de un muro de 5 hojas, formado por enlucido de mortero, tabicón de ladrillo h/s, cámara de aire, citara de ladrillo perforado y enlucido de mortero en la otra cara, especificando en cada una de ellas las alturas y espesores, así como la unidad de medida para la posterior extracción de mediciones, entre otros parámetros. Dicho proceso ha sido repetido con cada uno de los muros generados en el modelo.</p>			
			
		<p>Fig. 90: Captura de propiedades de un muro durante su creación, extraída del modelo durante su elaboración. (Elaboración propia, Allplan 2015).</p>	

9.2.2.2 Ficha nº 4. Puertas y ventanas.

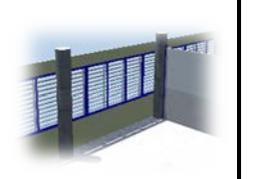
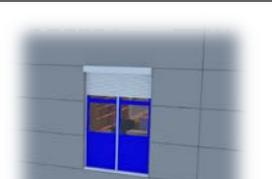
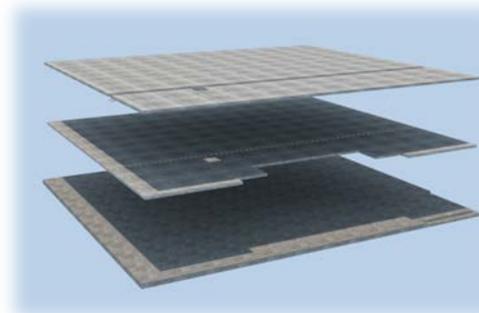
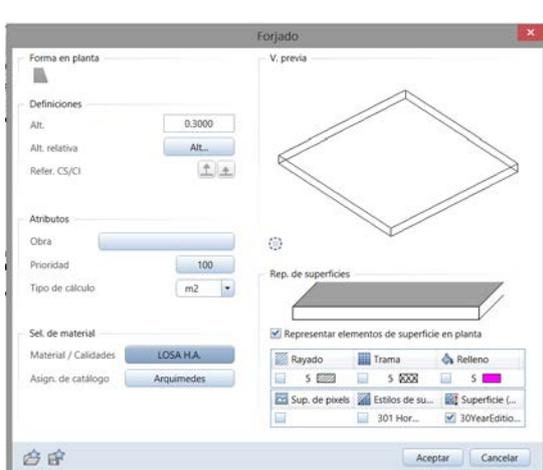
FICHA Nº	4	ESPECIFICACIÓN BIM POR CAPÍTULOS	PUERTAS Y VENTANAS
PROYECTO	"CAMPUS REINA MERCEDES"	ANIMACIONES DEL MODELO:	
MODELO	"EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA E.T.S.I.E."		
CAPÍTULO / ELEMENTO	<u>PUERTAS Y VENTANAS</u>		
NIVEL DESARROLLO	LOD 200		
SOFTWARE / VERSIÓN	ALLPLAN 2015		
ÚLTIMA ACTUALIZ.	24/06/15		
ARCHIVOS DE TRABAJO	PLANTA BAJA	101 – Albañilería y pilares PB.	
	PLANTA PRIMERA	201 – Albañilería y pilares P1.	
	PLANTA CUBIERTA	-	
CAPAS / LAYERS_ALLPLAN	AR_VENT / AR_PUER / AR_MAC / AR_SOMB / AR_PERS / AR_BATIENT		
ASISTENTE DE CREACIÓN_ALLPLAN	FUNCIÓN "SMARTPART DE PUERTA" Y "SMARTPART DE VENTANA"		
CATEGORÍA DE REFORMA_ALLPLAN	ATRIBUTO "ELEMENTO EXISTENTE"		
ANOTACIONES DE MODELADO			
<p>Para el modelado de las puertas y ventanas existentes en el edificio se ha empleado la herramienta "SMARTPART" existente en la versión 2015 de Allplan. Con esta herramienta se permite la creación de puertas y ventanas con todos los elementos que la componen, adquiriendo la entidad de dicho elemento en el modelo. Por consiguiente, mediante esta herramienta se han modelado tanto las carpinterías como los demás componentes existentes en las puertas y ventanas del edificio, como son las manillas, las persianas, las protecciones contra el sol exteriores, el alfeizar, etc. Además, con esta herramienta se controlan los niveles de representación con los que se quiere que el programa represente dichas carpinterías en el la planimetría, así como las layers en las que se quiere modelar cada elemento, que son las especificadas anteriormente en esta ficha. En la figura adjunta se puede observar los parámetros asignados a una de las ventanas del edificio, dispuesto a modo de ejemplo.</p>			

Fig. 91: Captura de parámetros de un "smartpart" correspondiente a una de las ventanas del edificio, extraída del modelo durante su modelado. (Elaboración propia, Allplan 2015).

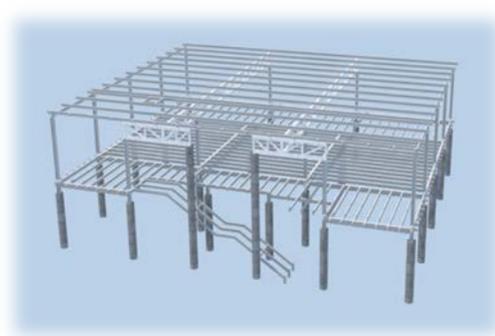
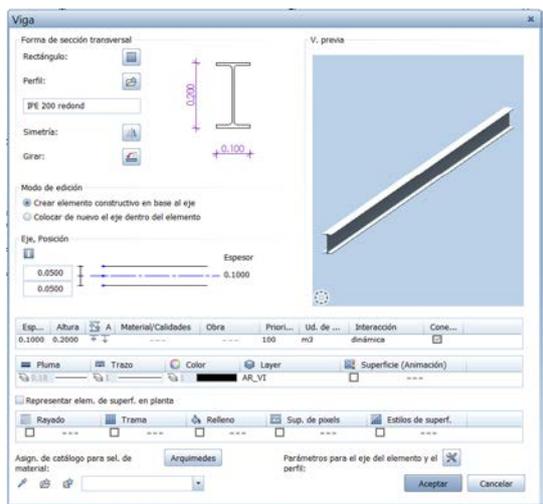
9.2.2.3 Ficha nº 5. Vidriera fachada principal.

FICHA Nº	5	ESPECIFICACIÓN BIM POR CAPÍTULOS	VIDRIERA FACHADA
PROYECTO	"CAMPUS REINA MERCEDES"	ANIMACIONES DEL MODELO: 	
MODELO	"EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA E.T.S.I.E."		
CAPÍTULO / ELEMENTO	<u>VIDRIERA FACHADA</u>		
NIVEL DESARROLLO	LOD 200		
SOFTWARE / VERSIÓN	ALLPLAN 2015		
ÚLTIMA ACTUALIZ.	24/06/15		
ARCHIVOS DE TRABAJO	PLANTA BAJA	101 – Albañilería y pilares PB.	
	PLANTA PRIMERA	201 – Albañilería y pilares P1.	
	PLANTA CUBIERTA	-	
CAPAS / LAYERS_ALLPLAN	AR_VENT		
ASISTENTE DE CREACIÓN_ALLPLAN	HERRAMIENTA "MURO" Y FUNCIÓN "SMARTPART"		
CATEGORÍA DE REFORMA_ALLPLAN	ATRIBUTO "ELEMENTO EXISTENTE"		
ANOTACIONES DE MODELADO			
<p>Cumpliendo con lo establecido en el Documento 3 de las Guías uBIM, el modelado de muros cortina o partes de fachada compuestas en su totalidad por ventanas y puertas, como es el caso que nos compete, se ha modelado en primer lugar mediante un muro sólido (llamado muro anfitrión), al que se le ha añadido posteriormente, mediante la función "smartpart" las carpinterías de puertas y ventanas que configuran dicho muro, ocupando la totalidad del muro anfitrión. De esta forma, se genera el muro cortina, reconociéndolo como tal la plataforma BIM, lo que permitirá la correcta transmisión de la información al exportar el modelo a formato IFC, ya que el intercambio de información respectiva a muros cortina mediante IFC suele causar problemas si no ha sido modelado correctamente.</p>			
		<p>Fig. 92: Captura de creación de la parte superior de la vidriera existente en el edificio, mediante la función "smartpart", extraída de la maqueta durante su modelado. (Elaboración propia, Allplan 2015).</p>	

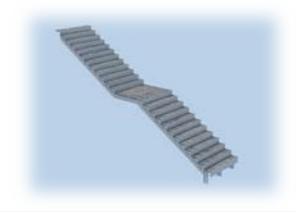
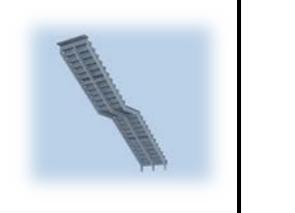
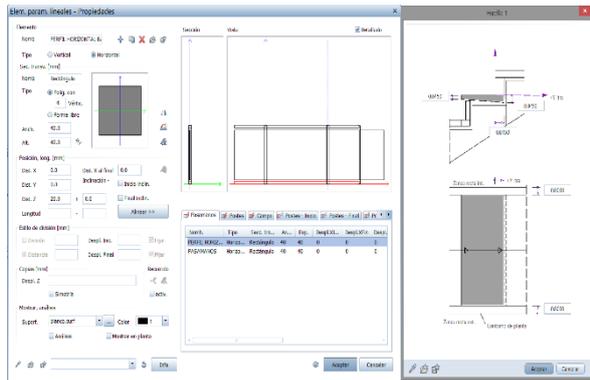
9.2.2.4 Ficha nº 6. Forjados.

FICHA Nº	6	ESPECIFICACIÓN BIM POR CAPÍTULOS	FORJADOS
PROYECTO	"CAMPUS REINA MERCEDES"		ANIMACIONES DEL MODELO: 
MODELO	"EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA E.T.S.I.E."		
CAPÍTULO / ELEMENTO	<u>FORJADOS</u>		
NIVEL DESARROLLO	LOD 200		
SOFTWARE / VERSIÓN	ALLPLAN 2015		
ÚLTIMA ACTUALIZ.	24/06/15		
ARCHIVOS DE TRABAJO	PLANTA BAJA		100 – Forjado PB.
	PLANTA PRIMERA		200 – Forjado P1.
	PLANTA CUBIERTA		300 – Forjado Cubierta.
CAPAS / LAYERS_ALLPLAN	AR_FO		
ASISTENTE DE CREACIÓN_ALLPLAN	HERRAMIENTA "FORJADO"		
CATEGORÍA DE REFORMA_ALLPLAN	ATRIBUTO "ELEMENTO EXISTENTE"		
ANOTACIONES DE MODELADO			
<p>Los forjados existentes en el edificio consisten en losas de hormigón armado apoyadas sobre la estructura metálica modelada. Estos han sido modelados mediante la respectiva herramienta existente en la plataforma BIM empleada, Allplan 2015, denominada como "forjado". Dicha herramienta consisten en la introducción de una serie de parámetros que definirán el forjado y su disposición en planta, marcando su superficie. En la imagen adjunta puede observarse los parámetros que definen uno de los forjados que han sido modelados. En la misma aparece el espesor (0.15), la altura del mismo respecto de los planos proyectivos, el material asignado (losa HA), la unidad de medida o unidad de cálculo (m²), así como los parámetros de representación en 2D y en 3D, mediante aplicación de una textura realista.</p>			
			
<p>Fig. 93: Captura de propiedades de un forjado, extraída del modelo durante su desarrollo. (Elaboración propia, Allplan 2015).</p>			

9.2.2.5 Ficha nº 7. Estructura – Pilares, vigas, viguetas y cerchas.

FICHA Nº	7	ESPECIFICACIÓN BIM POR CAPÍTULOS	ESTRUCTURA
PROYECTO	"CAMPUS REINA MERCEDES"	ANIMACIONES DEL MODELO: 	
MODELO	"EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA E.T.S.I.E."		
CAPÍTULO / ELEMENTO	<u>PILARES, VIGAS, VIGUETAS Y CERCHAS</u>		
NIVEL DESARROLLO	LOD 300		
SOFTWARE / VERSIÓN	ALLPLAN 2015		
ÚLTIMA ACTUALIZ.	24/06/15		
ARCHIVOS DE TRABAJO	PLANTA BAJA	101 / 102 / 103	
	PLANTA PRIMERA	201 / 202 / 203	
	PLANTA CUBIERTA	-	
CAPAS / LAYERS_ALLPLAN	AR_PI / AR_PI_H / AR_VI / AR_PAR		
ASISTENTE DE CREACIÓN_ALLPLAN	HERRAMIENTA "PILAR", HERRAMIENTA "VIGA" Y FUNCIÓN "CONSTRUCCIÓN GENERAL EN MADERA-ACERO"		
CATEGORÍA DE REFORMA_ALLPLAN	ATRIBUTO "ELEMENTO EXISTENTE"		
ANOTACIONES DE MODELADO			
<p>Los pilares, vigas y viguetas han sido modelados mediante la función correspondiente para ello del programa Allplan 2015, denominada con los comandos "Pilar" y "Viga". Sin embargo, para el modelado de las cerchas existentes en Planta Primera y la estructura de la escalera, por la geometría, inclinaciones y naturaleza de las mismas, ha sido necesario recurrir a la función de creación de Allplan denominada como "Construcción Genérica en Madera-Acero".</p> <p>No obstante, el modo de generación es muy similar, residiendo la diferencia en que los comandos "Viga" y "Pilar" únicamente permiten generar elementos lineales horizontales y verticales, respectivamente, mientras que con la herramienta "Const. Gen. En Madera-Acero" se permite la elaboración de perfiles inclinados, posibilitando el modelado de los elementos nombrados.</p> <p>A modo de ejemplo, se presenta en la imagen adjunta las propiedades o parámetros asignados a una de las vigas IPE 200 del modelo.</p>			
			
<p>Fig. 94: Captura de propiedades de una viga IPE 200, extraída del modelo virtual generado. (Elaboración propia, Allplan 2015).</p>			

9.2.2.6 Ficha nº 8. Escalera y barandillas.

FICHA Nº	8	ESPECIFICACIÓN BIM POR CAPÍTULOS	ESCALERA Y BARANDILLAS
PROYECTO	"CAMPUS REINA MERCEDES"	ANIMACIONES DEL MODELO:	
MODELO	"EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA E.T.S.I.E."		
CAPÍTULO / ELEMENTO	<u>ESCALERA Y BARANDILLAS</u>		
NIVEL DESARROLLO	LOD 200		
SOFTWARE / VERSIÓN	ALLPLAN 2015		
ÚLTIMA ACTUALIZ.	24/06/15		
ARCHIVOS DE TRABAJO	PLANTA BAJA	-	
	PLANTA PRIMERA	201 – Albañilería y pilares P1.	
	PLANTA CUBIERTA	-	
CAPAS / LAYERS_ALLPLAN	AR_ESC / AR_ECES1 / AR_ECES2 / AR_GELHAL		
ASISTENTE DE CREACIÓN_ALLPLAN	FUNCIÓN "ESCALERA RECTA", "SÓLIDOS 3D" Y "ELEMENTOS PARAMÉTRICOS LINEALES"		
CATEGORÍA DE REFORMA_ALLPLAN	ATRIBUTO "ELEMENTO EXISTENTE"		
ANOTACIONES DE MODELADO			
<p>Por un lado, la estructura de escalera (vigas IPE 160) ha sido modelada mediante la herramienta "Const. Gen. En Madera-Acero", explicada en la Ficha nº 7. Sin embargo, para generar el resto de elementos que componen la escalera se ha empleado la función "Escalera Recta", mediante la cual se han modelado los bloques de HA que conforman los peldaños de la misma. Además, se ha empleado el módulo de "Sólidos 3D" para la elaboración del resto de elementos que sustentan dichos bloques en la estructura metálica (chapas metálicas y perfiles tubulares 40 x 40 x 2 mm)</p> <p>Finalmente, para la creación de las barandillas se ha empleado la función "Elemento Paramétrico Lineal", ayudándose también con el módulo de "Sólidos 3D", para la elaboración de ciertos elementos específicos y característicos, como los pasamanos.</p> <p>En la imagen adjunta se muestra la pantalla de propiedades de la barandilla y de la huella de escalera, donde se observan las características geométricas de la misma.</p>			
			
<p>Fig. 95: Capturas de gestor de propiedades de barandilla (Elem. Param. Lineal), a la izquierda, y gestor de propiedades geométricas de la huella de escalera, a la derecha. Imágenes extraídas del modelo. (Elaboración propia, Allplan 2015).</p>			

9.2.2.7 Ficha nº 9. Fachada.

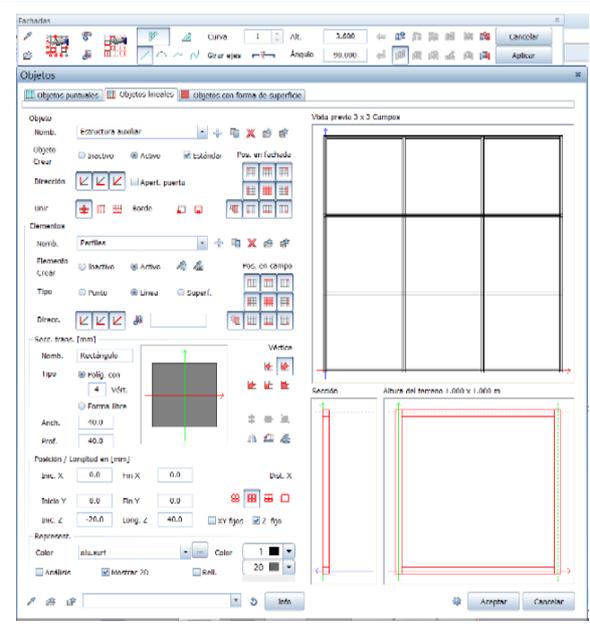
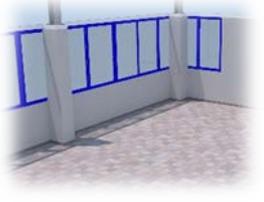
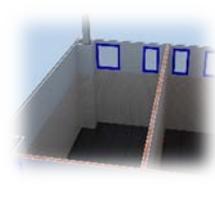
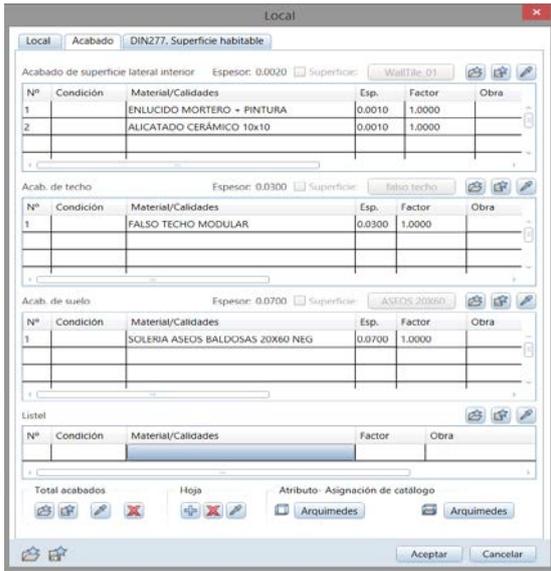
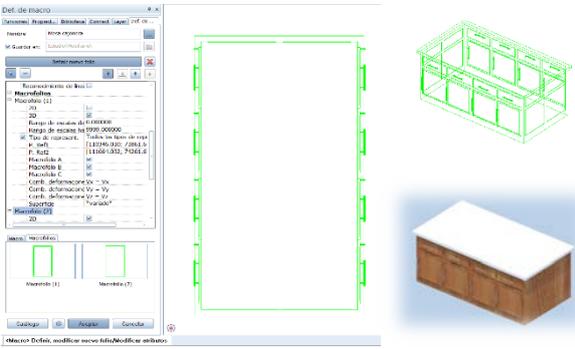
FICHA Nº	9	ESPECIFICACIÓN BIM POR CAPÍTULOS	FACHADA
PROYECTO	"CAMPUS REINA MERCEDES"	ANIMACIONES DEL MODELO: 	
MODELO	"EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA E.T.S.I.E."		
CAPÍTULO / ELEMENTO	<u>FACHADA</u>		
NIVEL DESARROLLO	LOD 200		
SOFTWARE / VERSIÓN	ALLPLAN 2015		
ÚLTIMA ACTUALIZ.	24/06/15		
ARCHIVOS DE TRABAJO	PLANTA BAJA	104 – Cerramiento de fachada PB.	
	PLANTA PRIMERA	204 – Cerramiento de fachada P1.	
	PLANTA CUBIERTA	-	
CAPAS / LAYERS_ALLPLAN	AR_FAS / AR_FA_EL / AR_FA_PT		
ASISTENTE DE CREACIÓN_ALLPLAN	HERRAMIENTA "FACHADAS"		
CATEGORÍA DE REFORMA_ALLPLAN	ATRIBUTO "ELEMENTO EXISTENTE"		
ANOTACIONES DE MODELADO			
<p>Para el modelado de la fachada del edificio se han distinguido dos capas, consistentes por un lado en las propias placas exteriores que configuran la fachada, y por otro la perfilería que sustenta a las mismas, anclada a la estructura del edificio. El proceso ha comenzado con la definición de la sección de la misma en planta, a partir de la cual se introducen los parámetros correspondientes en el asistente de "Fachadas" del programa, tomando un eje de referencia sobre el que se introducirán las distancias y parámetros de la fachada a modelar. En esta ocasión, dicho eje ha sido tomado en el borde de forjado. Una vez configurada y parametrizada la fachada a modelar, con las distancias a las que se quiere cada elemento y las separaciones respecto al eje de referencia, se ha procedido a introducirla en el modelo, que en este caso se ha realizado mediante introducción superficial, salvando los huecos de las puertas y ventanas.</p> <p>El mismo proceso se repite con ambas capas de la fachada (Perfilería aux. y Placas de fachada).</p>			

Fig. 96: Gestor de propiedades de modelado de fachada. En la misma se observan las propiedades geométricas asignadas a la primera capa modelada, perfilería auxiliar. Imagen extraída del modelo. (Elaboración propia, Allplan 2015).

9.2.2.8 Ficha nº 10. Acabados de locales o estancias.

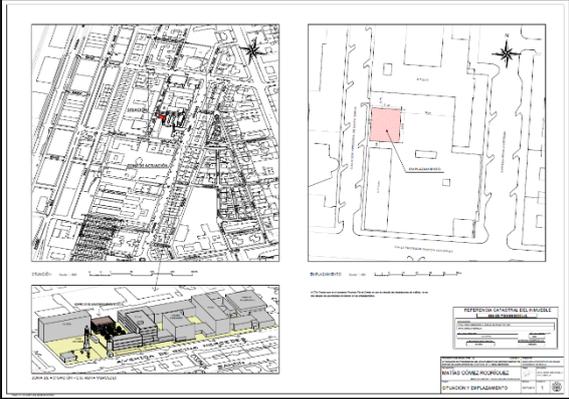
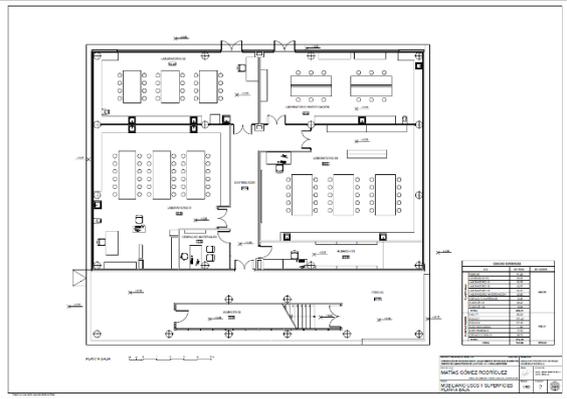
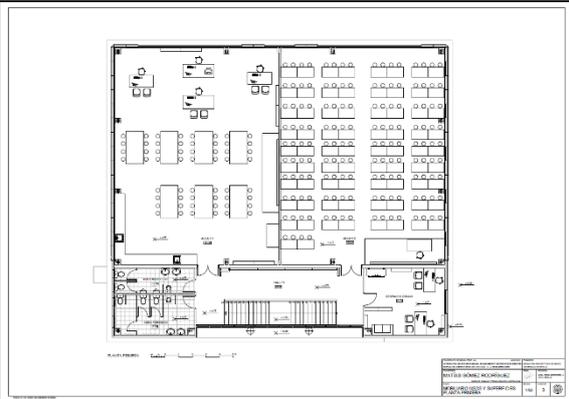
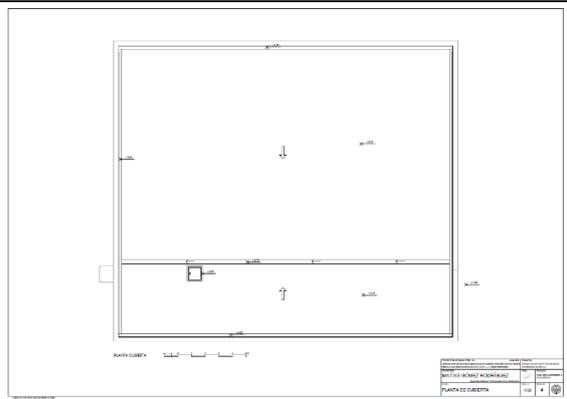
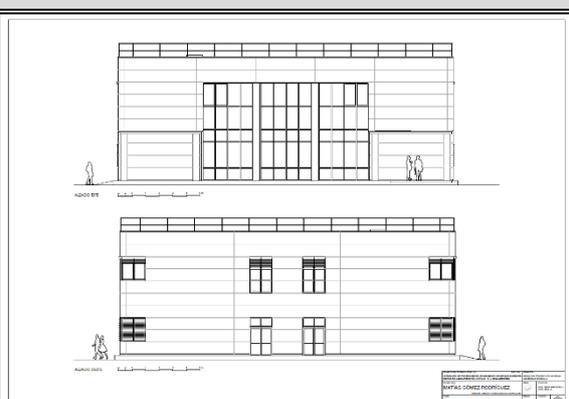
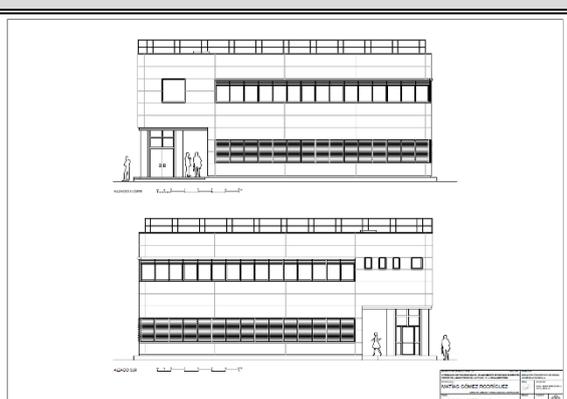
FICHA Nº	10	ESPECIFICACIÓN BIM POR CAPÍTULOS	ACABADOS
PROYECTO	"CAMPUS REINA MERCEDES"	ANIMACIONES DEL MODELO:	
MODELO	"EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA E.T.S.I.E."		
CAPÍTULO / ELEMENTO	<u>ACABADOS DE PAREDES,</u> <u>SUELOS Y TECHOS</u>		
NIVEL DESARROLLO	LOD 300		
SOFTWARE / VERSIÓN	ALLPLAN 2015		
ÚLTIMA ACTUALIZ.	24/06/15		
ARCHIVOS DE TRABAJO	PLANTA BAJA	101 –Albañilería y pilares PB.	
	PLANTA PRIMERA	201 – Albañilería y pilares P1.	
	PLANTA CUBIERTA	301 – Albañilería Cubierta.	
CAPAS / LAYERS_ALLPLAN	LO_RA / LO_SSU / LO_SLAT		
ASISTENTE DE CREACIÓN_ALLPLAN	HERRAMIENTA "CREACIÓN DE LOCALES" Y HERRAMIENTAS INDIVIDUALES DE "ACABADOS DE SUELO, TECHO Y PARAMENTOS LATERALES"		
CATEGORÍA DE REFORMA_ALLPLAN	ATRIBUTO "ELEMENTO EXISTENTE"		
ANOTACIONES DE MODELADO			
<p>Los acabados superficiales de suelos, techos y paramentos superficiales laterales han sido definidos en el gestor de locales. Es decir, se ha comenzado por la creación de locales por cada una de las estancias del inmueble, a los que se le han asignado los acabados correspondientes en cada uno de los casos. A modo de ejemplo, se presenta en la imagen adjunta los parámetros de acabados del Aseo Masculino, en Planta Primera, consistentes en enlucido y alicatado en las paredes laterales, falso techo modular registrable de yeso laminado en techos y solería cerámica en suelos.</p> <p>No obstante, en algunas ocasiones ha tenido que recurrirse a la aplicación de acabados superficiales de forma manual, con el asistente específico del programa Allplan. Esto sucede por ejemplo en la designación de la solería de cubierta, o en los laboratorios de Planta Baja, donde los acabados superficiales laterales no han podido introducirse a todo el local porque los pilares circulares de HA quedan vistos.</p>			
		<p>Fig. 97: Capturas de gestor de acabados en Aseo Masculino. En la misma se observan los acabados proporcionados a suelos, techos y paredes laterales. Imágenes extraídas del modelo. (Elaboración propia, Allplan 2015).</p>	

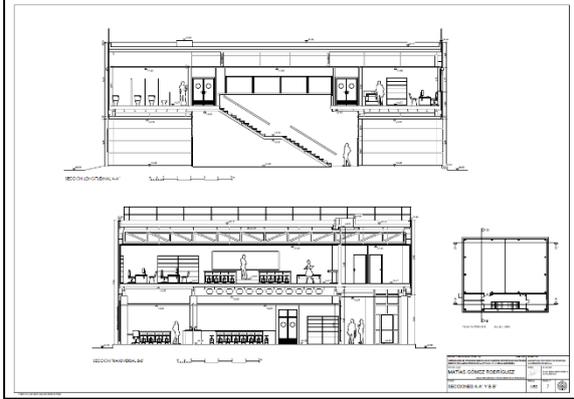
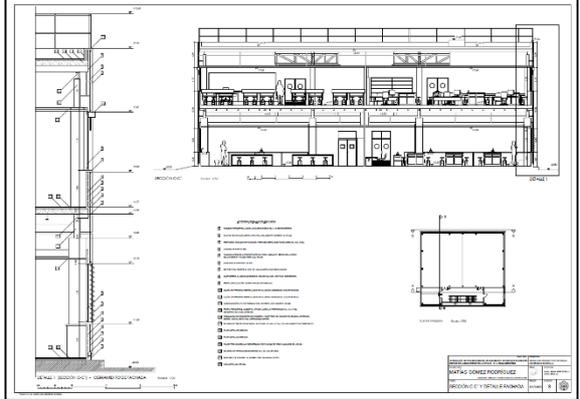
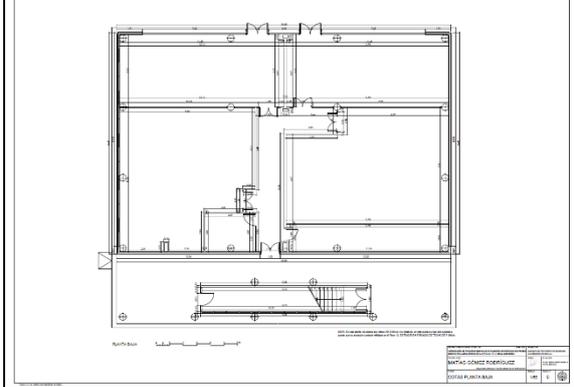
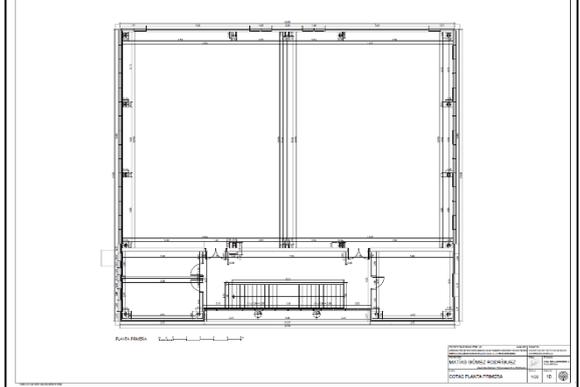
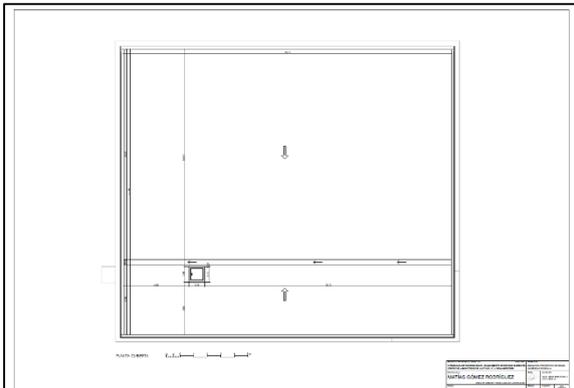
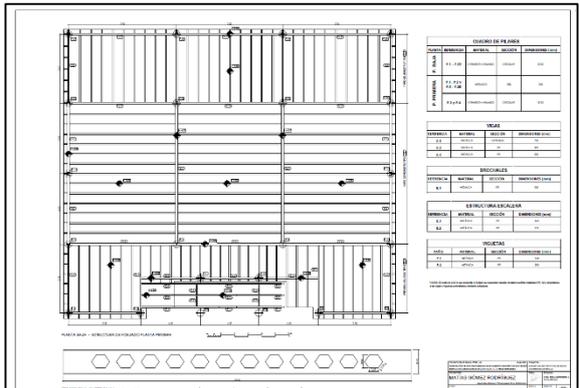
9.2.2.9 Ficha nº 11. Mobiliario y equipamiento.

FICHA Nº	10	ESPECIFICACIÓN BIM POR CAPÍTULOS	MOBILIARIO Y EQUIPAMIENTO				
PROYECTO	"CAMPUS REINA MERCEDES"	ANIMACIONES DEL MODELO:					
MODELO	"EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA E.T.S.I.E."						
CAPÍTULO / ELEMENTO	<u>MOBILIARIO Y EQUIPAMIENTO</u>						
NIVEL DESARROLLO	LOD 200						
SOFTWARE / VERSIÓN	ALLPLAN 2015						
ÚLTIMA ACTUALIZ.	24/06/15						
ARCHIVOS DE TRABAJO	<table border="1"> <tr> <td>PLANTA BAJA</td> <td>106 – Encimera PB. 107 – Mobiliario PB.</td> </tr> <tr> <td>PLANTA PRIMERA</td> <td>205 – Encimera P1. 206 – Mobiliario P1.</td> </tr> <tr> <td>PLANTA CUBIERTA</td> <td>-</td> </tr> </table>			PLANTA BAJA	106 – Encimera PB. 107 – Mobiliario PB.	PLANTA PRIMERA	205 – Encimera P1. 206 – Mobiliario P1.
PLANTA BAJA	106 – Encimera PB. 107 – Mobiliario PB.						
PLANTA PRIMERA	205 – Encimera P1. 206 – Mobiliario P1.						
PLANTA CUBIERTA	-						
CAPAS / LAYERS_ALLPLAN	CO_MOB / CO_SANI / AR_GRL						
ASISTENTE DE CREACIÓN_ALLPLAN	MODELADOS MEDIANTE "SOLIDOS 3D" Y "CREACIÓN DE MACROS"						
CATEGORÍA DE REFORMA_ALLPLAN	ATRIBUTO "ELEMENTO EXISTENTE"						
ANOTACIONES DE MODELADO							
<p>En primer lugar, en cuanto a las encimeras existentes en los laboratorios y el Aula 0.1, hay que especificar que la misma se ha modelado mediante modelado de pequeños tabiques de ladrillo h/s, sobre los que se ha colocado la encimera mediante la herramienta "Paralelepípedo 3D", asignándole la textura y atributos correspondientes. Por otro lado, la tarima de madera existente en las aulas de P. Primera se han modelado mediante "Paralelepípedo 3D", con textura de madera. Finalmente, en cuanto al mobiliario y sanitarios hay que decir que se ha modelado de manera simbólica, debido a la existencia de un mobiliario muy específico. Por consiguiente, se ha procedido a la creación de macros propios, generados a partir de "objetos 3D" a los que se le ha aplicado la representación que deseamos y se han generan macros en el programa. No obstante, queda pendiente de desarrollo la información aplicable a los mismos, como podría ser el fabricante, la fecha de compra, posibles mantenimientos, etc. En la imagen adjunta se presenta la elaboración de uno de los macros, referente a las mesas con cajonera, existentes en los laboratorios y en el aula 0.1.</p>							
							
<p>Fig. 98: Capturas de proceso de elaboración de macros de mobiliario, donde se observan los macrofolios que definen la mesa de cajoneras existente en el inmueble, a la izquierda, y las vistas 3D del mismo, a la derecha. Imágenes extraídas del modelo. (Elaboración propia, Allplan 2015).</p>							

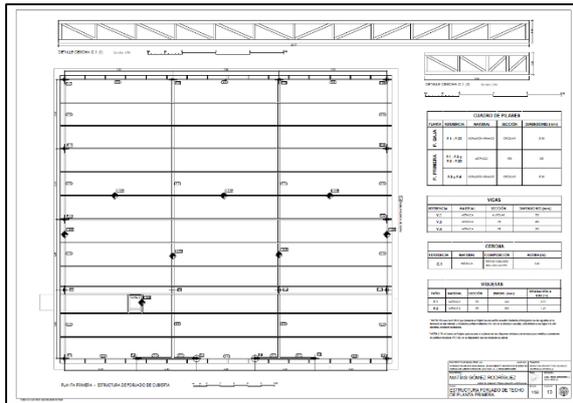
9.3 PLANIMETRÍA DE ESTADO ACTUAL DEL EDIFICIO. RESULTADOS FASE 4.

La planimetría de Estado Actual generada se adjunta en los anexos del presente proyecto, no obstante, en este apartado se procederá a la recopilación de dicha documentación gráfica, vinculada con sus respectivos archivos en formato original A1. De este modo, haciendo clic en las imágenes presentadas, se accederá al PDF original de cada plano.

<p>01. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO</p>  <p>(Clic en la imagen para acceder) (ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)</p>	<p>02. MOBILIARIO, USOS Y SUP. PLANTA BAJA</p>  <p>(Clic en la imagen para acceder) (ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)</p>
<p>03. MOBILIARIO, USOS Y SUP. P. PRIMERA</p>  <p>(Clic en la imagen para acceder) (ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)</p>	<p>04. PLANTA DE CUBIERTA</p>  <p>(Clic en la imagen para acceder) (ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)</p>
<p>05. ALZADOS ESTE Y OESTE</p>  <p>(Clic en la imagen para acceder) (ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)</p>	<p>06. ALZADOS NORTE Y SUR</p>  <p>(Clic en la imagen para acceder) (ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)</p>

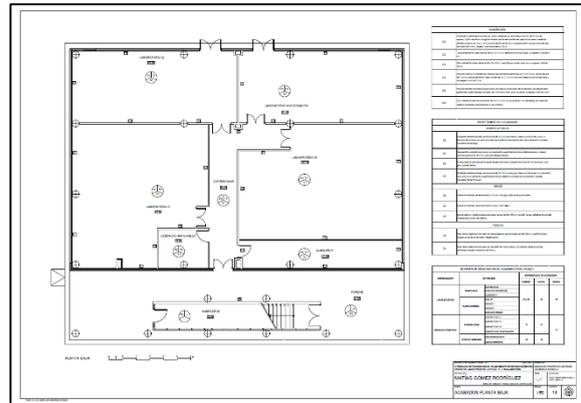
<p>07. SECCIONES A-A' Y B-B'</p>	<p>08. SECCIÓN C-C' Y DETALLE FACHADA</p>
 <p>(Clic en la imagen para acceder) (ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)</p>	 <p>(Clic en la imagen para acceder) (ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)</p>
<p>09. COTAS PLANTA BAJA</p>	<p>10. COTAS PLANTA PRIMERA</p>
 <p>(Clic en la imagen para acceder) (ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)</p>	 <p>(Clic en la imagen para acceder) (ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)</p>
<p>11. COTAS PLANTA CUBIERTA</p>	<p>12. ESTRUCTURA FORJADO TECHO P. BAJA</p>
 <p>(Clic en la imagen para acceder) (ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)</p>	 <p>(Clic en la imagen para acceder) (ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)</p>

13. ESTRUCTURA FORJADO TECHO P. PRIMERA



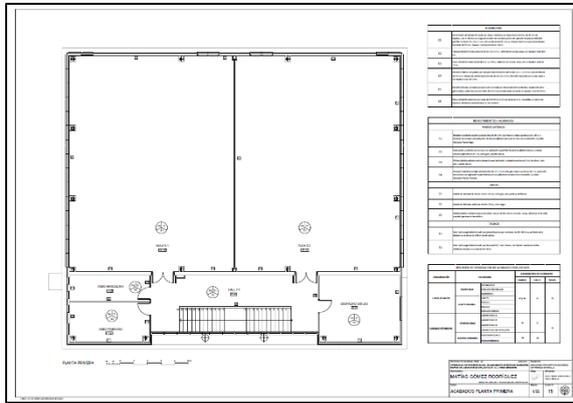
(Clic en la imagen para acceder)
(ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)

14. ACABADOS PLANTA BAJA



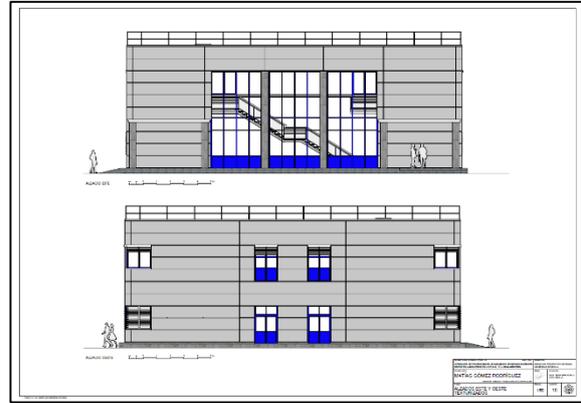
(Clic en la imagen para acceder)
(ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)

15. ACABADOS PLANTA PRIMERA



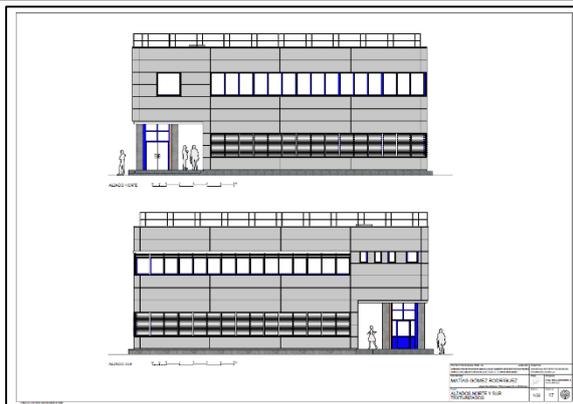
(Clic en la imagen para acceder)
(ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)

16. ALZADOS ESTE Y OESTE TEXTURIZADOS



(Clic en la imagen para acceder)
(ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)

17. ALZADOS NORTE Y SUR TEXTURIZADOS

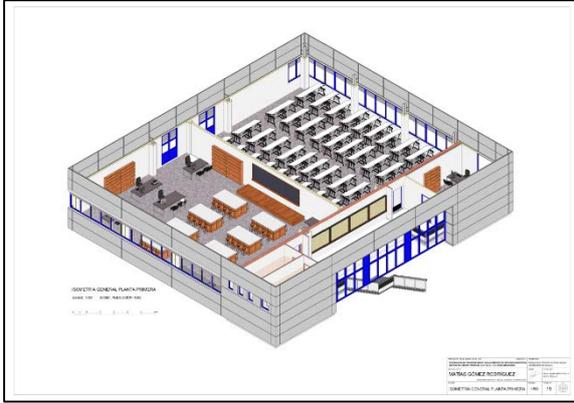
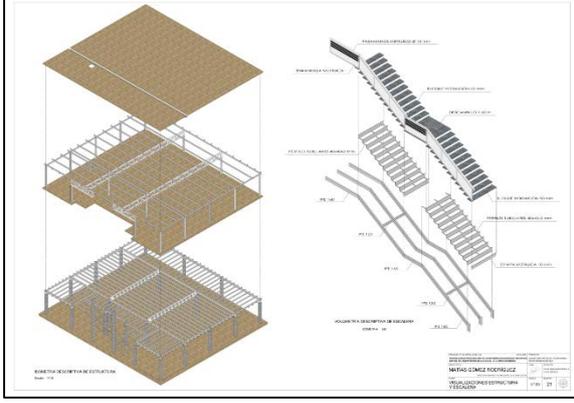


(Clic en la imagen para acceder)
(ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)

18. ISOMETRÍA GENERAL PLANTA BAJA



(Clic en la imagen para acceder)
(ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)

<p>19. ISOMETRÍA GENERAL PLANTA PRIMERA.</p>	<p>20. VISUALIZACIÓN EXTERIOR EDIFICIO COMPL.</p>
 <p>(Clic en la imagen para acceder) (ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)</p>	 <p>(Clic en la imagen para acceder) (ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)</p>
<p>21. VISUALIZACIONES ESTRUCTURA Y ESCALERA.</p>	<p>22. VISUALIZACIONES CERRAMIENTO FACHADA.</p>
 <p>(Clic en la imagen para acceder) (ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)</p>	 <p>(Clic en la imagen para acceder) (ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)</p>

Nota: Para el correcto acceso a los vínculos presentados es necesario abrir este documento con el CD del proyecto introducido en la unidad D/ del ordenador, ya que los archivos originales se encuentran en la carpeta de Anexos de dicho CD. No obstante, puede accederse a ellos manualmente en la carpeta "ANEXO 2. PLANIMETRÍA" del CD.

9.4 MEDICIÓN OBTENIDA A PARTIR DEL MODELO. RESULTADOS FASE 5.

Como ya se avisaba en la metodología de trabajo seguida para esta fase, la medición y presupuesto de demolición obtenido se aporta en los anexos de este proyecto. No obstante, en el apartado actual se procede a recopilar dicha información, en los distintos formatos de intercambio de mediciones y presupuestos, facilitando el acceso a las mismas en el formato deseado por cada usuario o lector. Por consiguiente, puede accederse a los archivos de transferencia mediante los vínculos aportados en el presente cuadro:

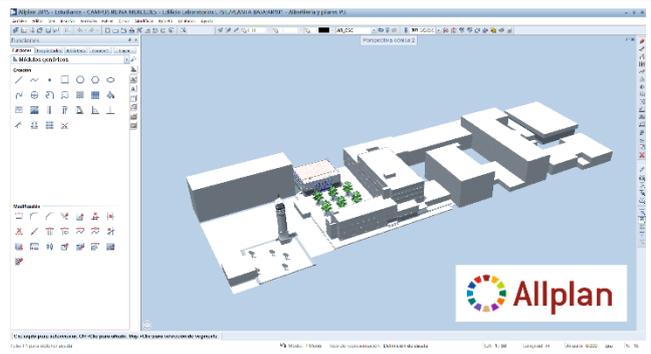
CONTENIDO	FORMATO	VÍNCULO A ARCHIVO ORIGINAL
Medición y Presupuesto de Demolición. Edificio de Laboratorios E.T.S.I.E.	PDF	 <p>(Clic en la figura para acceder) (ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)</p>
Medición y Presupuesto de Demolición. Edificio de Laboratorios E.T.S.I.E.	EXCEL	 <p>(Clic en la figura para acceder) (ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)</p>
Medición y Presupuesto de Demolición. Edificio de Laboratorios E.T.S.I.E.	PRESTO	 <p>(Clic en la figura para acceder) (ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)</p>
* Base de precios empleada_Arquímedes (Utilizada como catálogo en Allplan)	ARQUÍMEDES	 <p>(Clic en la figura para acceder) (ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)</p>

Nota: Para el correcto acceso a los vínculos presentados es necesario abrir este documento con el CD del proyecto introducido en la unidad D/ del ordenador, ya que los archivos originales se encuentran en la carpeta de Anexos de dicho CD. No obstante, puede accederse a ellos manualmente en la carpeta “ANEXO 1. MEDICIÓN Y PRESUPUESTO DE DEMOLICIÓN” del CD.

9.5 ARCHIVOS DE TRANSFERENCIA DEL MODELO EN FORMATOS BIM. RESULTADOS FASE 6.

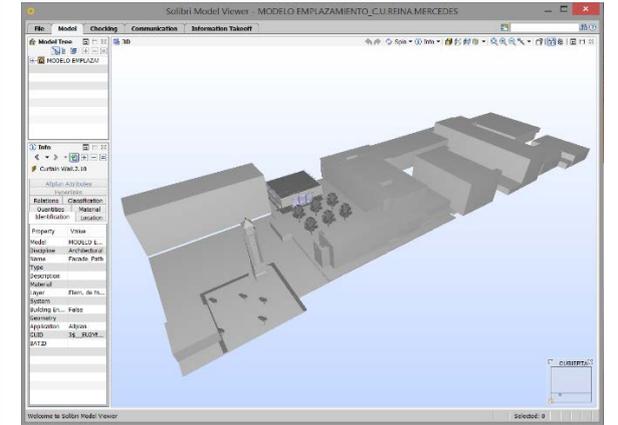
A continuación se recopilan los archivos de transferencia de datos BIM para el intercambio de la información de estado actual generada, cuyo proceso de obtención se describe en el apartado 8.9 de este documento. Dichos archivos son los resultados obtenidos en la Fase 6 de la metodología de trabajo implantada. Por tanto, siguiendo con la línea seguida, se aportan los vínculos a los distintos formatos de modelos generados, mediante cuadros descriptivos.

9.5.1 Proyecto Completo – Campus Reina mercedes (Formato nativo Allplan - PRJ).

CONTENIDO	FORMATO	VISUALIZACIÓN
<p>PROYECTO COMPLETO. CAMPUS UNIVERSITARIO REINA MERCEDES</p>	<p>FORMATO NATIVO ALLPLAN (PRJ)</p>	
<p>(Clic en el siguiente vínculo para acceder al directorio PRJ)</p>		 <p>PRJ ALLPLAN</p>

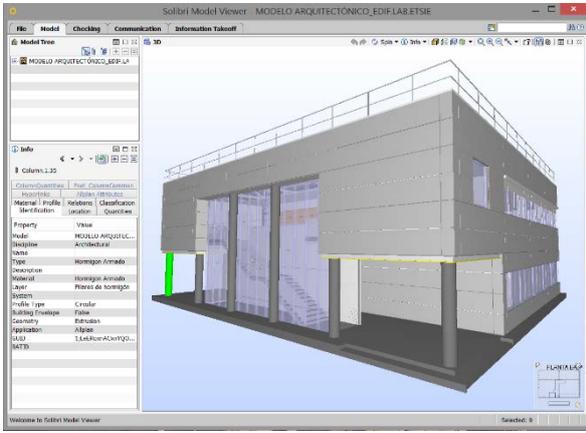
Nota: Para el correcto acceso a los vínculos presentados es necesario abrir este documento con el CD del proyecto introducido en la unidad D/ del ordenador, ya que los archivos originales se encuentran en la carpeta de Anexos de dicho CD. No obstante, puede accederse a ellos manualmente en la carpeta “ANEXO 3. FICHEROS DE EXPORTACIÓN DEL MODELO” del CD.

9.5.2 Modelo de Emplazamiento (Formato IFC).

CONTENIDO	FORMATO	VISUALIZACIÓN
<p>MODELO DE EMPLAZAMIENTO</p>	<p>FORMATO IFC</p>	
<p>(Clic en el siguiente vínculo para acceder al archivo)</p>		

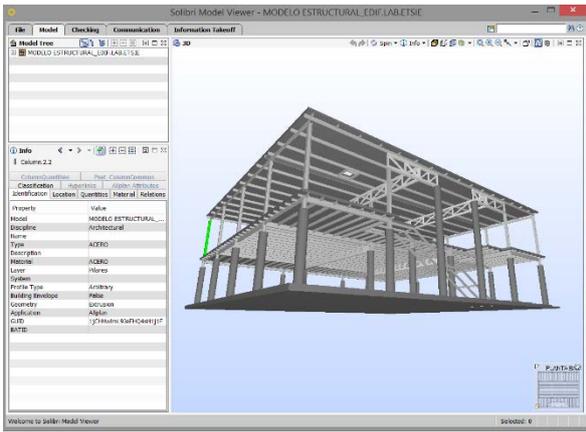
Nota: Para el correcto acceso a los vínculos presentados es necesario abrir este documento con el CD del proyecto introducido en la unidad D/ del ordenador, ya que los archivos originales se encuentran en la carpeta de Anexos de dicho CD. No obstante, puede accederse a ellos manualmente en la carpeta “ANEXO 3. FICHEROS DE EXPORTACIÓN DEL MODELO” del CD.

9.5.3 Modelo Arquitectónico (Formato IFC).

CONTENIDO	FORMATO	VISUALIZACIÓN
<p>MODELO ARQUITECTÓNICO</p>	<p>FORMATO IFC</p>	
<p>(Clic en el siguiente vínculo para acceder al archivo)</p>		

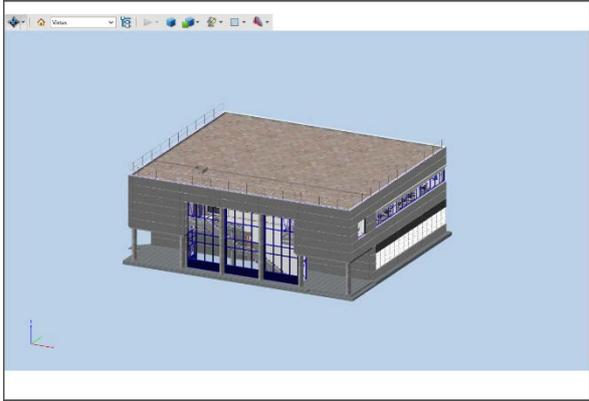
Nota: Para el correcto acceso a los vínculos presentados es necesario abrir este documento con el CD del proyecto introducido en la unidad D/ del ordenador, ya que los archivos originales se encuentran en la carpeta de Anexos de dicho CD. No obstante, puede accederse a ellos manualmente en la carpeta “ANEXO 3. FICHEROS DE EXPORTACIÓN DEL MODELO” del CD.

9.5.4 Modelo Estructural (Formato IFC).

CONTENIDO	FORMATO	VISUALIZACIÓN
<p>MODELO ESTRUCTURAL</p>	<p>FORMATO IFC</p>	
<p>(Clic en el siguiente vínculo para acceder al archivo)</p>		

Nota: Para el correcto acceso a los vínculos presentados es necesario abrir este documento con el CD del proyecto introducido en la unidad D/ del ordenador, ya que los archivos originales se encuentran en la carpeta de Anexos de dicho CD. No obstante, puede accederse a ellos manualmente en la carpeta “ANEXO 3. FICHEROS DE EXPORTACIÓN DEL MODELO” del CD.

9.5.5 Maqueta Tridimensional (PDF-3D).

CONTENIDO	FORMATO	VISUALIZACIÓN
<p>MAQUETA VIRTUAL TRIDIMENSIONAL</p>	<p>PDF-3D</p>	
<p>(Clic en el siguiente vínculo para acceder al archivo) (ALT+FLECHA IZQUIERDA para retroceder)</p>		

Nota: Para el correcto acceso a los vínculos presentados es necesario abrir este documento con el CD del proyecto introducido en la unidad D/ del ordenador, ya que los archivos originales se encuentran en la carpeta de Anexos de dicho CD. No obstante, puede accederse a ellos manualmente en la carpeta “ANEXO 3. FICHEROS DE EXPORTACIÓN DEL MODELO” del CD.

10. CONCLUSIONES.

10.1 CONCLUSIONES GENERALES RESPECTO A LA INTEGRACIÓN DE PROCESOS BIM EN LEVANTAMIENTO DE EDIFICIOS EXISTENTES.

La tecnología BIM surge en principio como idea para el diseño de edificios de nueva planta, de forma que el modelo generado acompañe al edificio durante su construcción y después durante toda su vida útil. No obstante, con la realización de este trabajo se pretendía poner a prueba otra de las facetas que puede tener dicha metodología, residente en la obtención de modelos BIM de edificios una vez construidos, para aplicación durante su explotación. Como conclusión a la nombrada empleabilidad de la tecnología BIM, es necesario afirmar que dicha acción sólo será rentable cuando el edificio cuente con una entidad importante y donde las gestiones de Facility Management sean imprescindibles, ya que la obtención de un BIM sin una documentación de partida fiable, modelado únicamente a partir del edificio real, requiere un esfuerzo importante, tanto intelectual como económico, puesto que son notables las horas que se necesitan para su estudio, definición y modelado. No obstante, para el abordaje de este tipo de proyectos, lo normal es que se cuente con un equipo técnico, donde las funciones sean repartidas y todo el equipo trabaje sobre la misma maqueta virtual, ventaja extraordinaria que aporta la implantación de la tecnología BIM como metodología de trabajo.

Sin embargo, en lo que respecta al caso práctico que ha sido planteado en este proyecto, tratándose de un edificio institucional y de uso docente, se considera de un interés notable el modelo generado, puesto con la información obtenida se documenta correctamente un edificio del que no se tenía constancia de información alguna, facilitando bastante las gestiones de mantenimiento y operaciones en el mismo.

10.2 CONCLUSIONES RESPECTO AL PROCESO DE IMPLANTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL MODELO DE PROCESO CONSTRUCTIVO ESPAÑOL.

En lo que respecta a la implementación de la metodología BIM en el modelo de proceso constructivo español, hay varios aspectos o conclusiones que se deben resaltar:

- Necesidad inmediata de una correcta estandarización, que regule dicha metodología y establezca protocolos y estándares que la controlen.
- Imprescindible delimitación explícita, coherente y objetiva de cada uno de los niveles de desarrollo que puede adquirir un modelo BIM (LOD 100 - 500), ya que actualmente las delimitaciones de dichos niveles se proponen de una forma muy teórica y subjetiva, lo que puede inducir a notables confusiones, cosa que no puede continuar si se trata de implantar esta metodología de trabajo en el modelo de proceso constructivo. Por tanto, incluso antes de la estandarización de los procesos, lo más relevante sería la delimitación exacta y concisa de los contenidos que debe adquirir el modelo en cada nivel de desarrollo, de forma que se sepa exactamente hasta donde hay que llegar en cada uno de los niveles para los que se contraten los modelados.
- Refiriéndose a la tecnología BIM como utilización en el diseño de edificios de nueva planta, es imprescindible anotar que la implantación de este proceso constructivo reside muy de lleno y de una forma primordial en los fabricantes de materiales y elementos de construcción, mobiliario y equipamiento, puesto que se necesita que sean ellos los que se comprometan en primer lugar a la implementación de esta tecnología. Así, si los fabricantes y proveedores de materiales

constructivos españoles trabajaran al respecto y modelaran cada uno de los productos que venden mediante tecnología BIM, se facilitaría bastante el proceso de diseño de edificios. De esta forma, el modelado de edificios desde su primera etapa de diseño se iría implementando con los elementos que de verdad se pretende que cuente el mismo, que ya habrán sido parametrizados previamente por sus fabricantes. Así, desde un primer momento quedarán definidos en el modelo, con todas sus especificaciones. Esta iniciativa es la que se está llevando a cabo en la principal potencia europea en el uso de dicha tecnología, Reino Unido, donde el gobierno se encuentra legislando y creando protocolos de estandarización al respecto.

- Notoria necesidad de elaboración de una biblioteca de elementos BIM, que surgiría de los trabajos realizados por los fabricantes de elementos y materiales constructivos, a los que se hace referencia anteriormente. Esta iniciativa también podría ser copiada de los inicios que pueden observarse en Reino Unido, donde se encuentran creando una gran biblioteca de elementos BIM parametrizables, de uso libre para los profesionales del sector, lo que facilita el modelado de edificios mediante dicha tecnología. Esto es lo que hace que se aproveche verdaderamente las posibilidades que aporta la implementación BIM en el proceso constructivo, cuya principal ventaja reside en el modelado de edificios mediante elementos paramétricos, que puedan ser ajustados a las necesidades específicas de cada inmueble.
- La administración pública debe concienciarse con el uso de la metodología BIM como requisito para los proyectos de concurso público, de forma que se comience por este sector y poco a poco vaya extrapolándose al sector privado. Esta es una iniciativa que también está siendo ya promovida en Reino Unido, potencia que se podría estudiar como guía para la implementación del BIM en el modelo constructivo de nuestro país. No obstante, esta iniciativa puede observarse ya por parte de la Unión Europea en su reciente *Directiva sobre Contratación Pública de la Unión Europea (EUPPD)*, cuyo cumplimiento debe hacerse efectivo en 2016 en cada uno de los países miembros. Mediante esta directiva se pretende implantar el uso de BIM en la contratación pública, tomando como referencia el orden BIM de Reino Unido y creando caminos para que otros miembros de la UE puedan adoptar BIM. No obstante, cabe resaltar que en la nombrada directiva no se obliga al uso de esta tecnología de forma específica, sino que únicamente se recomienda su uso, cosa que debe valorar y estimar su cumplimiento cada uno de los países miembros. Así, en la misma se puede citar textualmente: *“Para contratos públicos de obra y concursos de proyectos, los estados miembros podrán exigir el uso de herramientas electrónicas específicas, como herramientas de diseño electrónico de edificios o herramientas similares” (EUPPD 2014, Artículo 22, Ap. 4).*

10.3 CONCLUSIONES RESPECTO A LOS CAMBIOS QUE LA IMPLANTACIÓN DE BIM GENERARÍA EN EL MODELO DE PROCESO CONSTRUCTIVO ESPAÑOL.

Cuando esta tecnología llegue a implantarse en nuestro país, son varios los cambios de mentalidad que deberán surgir, entre los que pueden enumerarse los siguientes:

- Desaparición de los actuales niveles de desarrollo que puede adquirir un proyecto de construcción. Actualmente, en este país se clasifica normalmente el proyecto constructivo como Proyecto Básico, en la fase de diseño, Proyecto de Ejecución, para su construcción, y Proyecto As-built, que recoge el estado del edificio una vez construido. Dichos niveles serían sustituidos por los niveles de desarrollo que puede adquirir un modelo BIM, apareciendo los niveles LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 400 y LOD 500, dependiendo del estado en que se encuentre el modelo. Por consiguiente,

ya no se contrataría para la realización de un Proyecto Básico o para su desarrollo como Proyecto de Ejecución, sino que se contrataría en función del nivel de desarrollo con el que se quiere obtener el modelo, dependiendo de la empleabilidad que se le quiera dar al mismo.

- Con la llegada del nuevo modelo de proceso constructivo, también cambia notablemente la formación intelectual que deben poseer los profesionales del sector, puesto que dicho modelo constructivo gira en torno a una tecnología compleja y variada, tecnología BIM. Así, surgen nuevos perfiles como el BIM Director, BIM Manager, BIM Coordinator, BIM Designer, BIM Modeller, etc, explicados en el apartado de *Estado de la Cuestión* de este proyecto.

10.4 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS DEL CASO PRÁCTICO ABORDADO EN ESTE PROYECTO.

En lo que respecta al caso práctico que ha sido abordado con este proyecto, modelado BIM de Estado Actual del Edificio de Laboratorios de la E.T.S.I.E., es necesario concluir que a pesar de la escasa documentación de la que se disponía y la ausencia de información fiable, se han conseguido recopilar datos suficientes que han permitido conocer los orígenes del Edificio de Laboratorios de la E.T.S.I.E., así como su definición completa. Esto ha desembocado en la obtención de un modelo virtual de información y una documentación formal y fiable del estado actual del inmueble, tanto gráfica como descriptiva, definiendo el estado del mismo en junio de 2015. Dicha obtención de planimetría es un aspecto imprescindible, puesto que el modelo BIM es el medio de compartir información entre especialidades, pero no reemplaza el documento legal, que sigue siendo el plano.

Con respecto a la elaboración del modelo virtual, se ha conseguido reconstruir una maqueta tridimensional del edificio que reproduce geométricamente la realidad, además de la implementación de información en todos los elementos que la componen, obteniendo así un modelo de información BIM utilizable para posteriores gestiones de mantenimiento y operaciones en el mismo.

En lo que compete al modelo de edificio elegido, la obtención de dicho modelo BIM de Estado Actual tiene una importancia esencial, puesto que tratándose de un edificio de uso docente, contar con un modelo que reproduzca el edificio virtualmente y lo defina al completo tiene una empleabilidad muy interesante a la hora de gestionar el mantenimiento y las posibles operaciones de reforma que pudieran surgir en el mismo. Además, se trata de un edificio donde el desgaste es considerable, y las posibilidades de reforma también, puesto que en cualquier momento se puede requerir el cambio de uso en el mismo, como puede ser el requisito de cambios de uso de sus estancias, por la organización de la docencia en la escuela. Por consiguiente, se considera oportuno la exportación del mismo mediante los distintos ficheros de intercambio de información BIM, poniendo a disposición de la U.S. toda la documentación e información generada, en formato editable (.PRJ, IFC...).

Finalmente, haciendo referencia al ensayo de obtención de medición y presupuesto a partir del modelo generado, es necesario concluir que se trata de una de las principales ventajas que aporta esta metodología de trabajo como modelo constructivo, puesto que teniendo un modelo bien organizado y definido, la generación de presupuestos de las partes del mismo se puede obtener de una forma sencilla, rápida y eficaz, realizando una medición exacta de lo que se ha creado en el modelo, que se corresponderá con la realidad construida. Por consiguiente, se concluye con éxito la hipótesis de obtención de mediciones y presupuestos a partir de la maqueta generada, aspecto que proporciona un interés enorme en el modelado de edificios existentes como el que se ha abordado, así como del resto de edificios que componen el campus.

10.5 LLAMAMIENTO A LAS UNIVERSIDADES PARA INTEGRACIÓN DE PROCESOS BIM EN LA DOCENCIA UNIVERSITARIA.

Cabe realizar una última anotación en este Proyecto Fin de Grado, consistente en el llamamiento a las Universidades españolas a incorporar los conceptos BIM en la docencia de los grados relacionados con el sector, introduciendo esta herramienta de forma transversal entre todas las asignaturas que componen los estudios ofertados, facilitando al alumno las competencias que se requieren para su posterior puesta en práctica en la vida profesional.

Parece evidente que para poder alcanzar un nivel de conocimiento adecuado en estas nuevas herramientas, el profesional ha de dominar las mismas desde diferentes puntos de vista, por lo que se considera interesante que los casos prácticos que se enfoquen durante la docencia se realicen mediante aplicaciones BIM, de forma que el alumno desde sus inicios se familiarice con la importante tecnología que sustentará el nuevo modelo de proceso constructivo. Además, en el caso de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, de la Universidad de Sevilla, se plantea como posibilidad de caso práctico el desarrollo del resto de edificios que componen el Campus, y que se inicia en este Proyecto Fin de Grado. De esta forma, el alumno, mediante cada una de las asignaturas que conforman la docencia del Grado en Ciencia y Tecnología de la Edificación, podrá ir añadiendo los elementos correspondientes al modelo y así generando poco a poco el Modelo BIM "As-built" del Campus Universitario Reina Mercedes, perseguido desde los inicios de planteamiento de este PFG. Sin embargo, es evidente que para abordar dicho caso práctico en la escuela se requiere una coordinación muy rigurosa, así como la necesidad de una notable implicación por parte tanto de alumnos como de profesores, al menos hasta que la implantación de esta tecnología este más desarrollada. No obstante, se anima a ello y se considera una práctica de un provecho extraordinario, tanto en lo que respecta a la formación específica que se ofrecería en nuestro grado como en las facilidades que se aportarían a la Universidad con la obtención de dicho modelo BIM "As-built", con todas las ventajas que el mismo conlleva.

11. LÍNEAS DE DESARROLLO ABIERTAS.

Continuando con lo mencionado ya en varias ocasiones en este documento, se procede en el presente apartado a la enumeración de las posibles líneas de desarrollo abiertas que se generan con la elaboración de este proyecto. Entre estas líneas de desarrollo pueden resaltarse las siguientes:

- Modelado BIM del resto de edificios que componen el Campus Universitario Reina Mercedes, así como los elementos existentes en el entorno, como pueden ser los aparcamientos, vallas perimetrales, jardines, zonas comunes, etc.
- Incorporación de la cimentación en el modelo estructural del Edificio de Laboratorios de la E.T.S.I.E., previo estudio del sistema de sustentación existente, mediante la realización de catas en el subsuelo.
- Incorporación de las instalaciones en el modelo BIM de Estado Actual generado, obteniendo con ello un modelo BIM “as-built”, y facilitando así su empleo para gestiones de Facility Management, mediante su exportación a aplicaciones específicas para dicha disciplina.
- Implementación de datos en mobiliario modelado, tales como fabricante, año de última reposición, posibles gestiones de mantenimiento, etc.
- Terminar la asignación de partidas a los elementos modelados, a partir de una base de precios, para la definición exhaustiva de los elementos mediante partidas de un presupuesto, en caso de querer obtener mediciones directas del modelo para obtención de presupuestos, de la misma forma que se ha procedido con la hipótesis de demolición planteada.
- Utilización del modelo para cualquiera de las posibilidades que aporta la metodología BIM, como puede ser la certificación energética del mismo, estudios lumínicos, estudios de planificación de posibles operaciones a realizar en el mismo, etc.



12. FUENTES CONSULTADAS.

12.1 PROYECTOS Y TESIS CONSULTADOS.

Cortés Albalá, I., & Lucas Ruiz, R. (2009). *La arquitectura del barrio de los Remedios de Sevilla de la tradición a la modernidad*. [Universidad de Sevilla, [Sevilla] : Retrieved from http://fama.us.es/record=b2031545~S5*spi

Quiñones Rodríguez, R., & Cortés Albalá, I. (2009). *Modelo Integrado de Información del Edificio*.

López Jobacho, R., & Cortés Albalá, I. (2014). *Reelaboración de Documentación Gráfica del Edificio Escuelas Nuevas*.

Eastman, C. M. (2011). *BIM handbook a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contactors*. Hoboken, NJ : Wiley. Retrieved from http://fama.us.es/record=b2449724~S5*spi

Gómez Fernández, I., & Vázquez Rodríguez, J. A. (2013). *Interacción de procesos BIM sobre una vivienda del movimiento moderno. La Ville Savoye*.

12.2 BIBLIOGRAFÍA GENÉRICA.

Cortés Albalá, I. (2009). *Integración transversal de materias de ingeniería de edificación*. [Sevilla] : Universidad de Sevilla, EUAT, Dpto Expresión Gráfica e Ingeniería en la Edificación, Dpto Construcciones Arquitectónicas II. Retrieved from http://fama.us.es/record=b2193347~S5*spi

Cuadras Avellana, J. (2009). *Allplan : guía práctica*. [s.l.] : jcuadras. Retrieved from http://fama.us.es/record=b2050512~S5*spi

Fuentes Giner, B. (2014). *Impacto de BIM en el proceso constructivo español*. valencia : EUBIM. Retrieved from http://fama.us.es/record=b2618807~S5*spi

Garber, R. (2014). *BIM design : realising the creative potential of building information modelling*. West Sussex : John Wiley and Sons. Retrieved from http://fama.us.es/record=b2638853~S5*spi

Teicholz, P. M. (2013). *BIM for facility managers*. Hoboken, N.J. : John Wiley. Retrieved from http://fama.us.es/record=b2585713~S5*spi

12.3 BIBLIOGRAFÍA ESPECÍFICA.

BIMforum. (2013). Level of Development Specification. Retrieved March 8, 2015, from <http://bimforum.org/wp-content/uploads/2013/08/2013-LOD-Specification.pdf>

BuildingSMART Spanish Chapter. (2010). Constructing the business case.

BuildingSMART Spanish Chapter. (2014a). *Guías uBIM (Documentos 1-13)*.

BuildingSMART Spanish Chapter. (2014b). Spanish journal of BIM. *Spanish Journal of BIM*.

BuildingSMART Spanish Chapter. (2015). Spanish Journal of BIM, 14/01. Retrieved from <http://www.buildingsmart.es/index.php/sjbim/1401>

College of the Desert. (2013). BIM Guide. Protocols and Project Execution Plan.

Coloma, E. (2008). Introducción a la tecnología bim.

Cype Ingenieros S.A. (n.d.). Entorno de trabajo y funcionalidad en Arquímedes, 1–68.

Nemetschek Allplan Systems GmbH. (2012). Allplan 2013 Modelador de fachadas.

Nemetschek Allplan Systems GmbH. (2014a). Allplan 2015 Manual. Múnich.

Nemetschek Allplan Systems GmbH. (2014b). Allplan 2015 Tutorial Arquitectura.

Presto. (2015a). Manual de presto 2015. Novedades de Presto 2015.01.

Presto. (2015b). Presto es todo esto. Manual técnico 2015.

12.4 PÁGINAS WEBS.

Bejenaru, A. (2013). Estandares BIM. Retrieved March 9, 2015, from http://revitmep.es/posts/estandares-bim_2013_02/

BIMmeeting. (2014). Directiva sobre contratación pública de la Unión Europea (EUPPD). Retrieved March 9, 2015, from <http://bimmeeting.es/directiva-sobre-contratacion-publica-de-la-union-europea-euppd/>

Broquetas, M. (2013). BIM Standards & Guidelines | CAD (and BIM) Addict. Retrieved March 9, 2015, from <http://www.cad-addict.com/2013/02/list-of-existing-bim-standards.html>

BuildingSMART Spanish Chapter. (n.d.). BIM en Español - BuildingSMART Spanish Chapter. Retrieved June 13, 2015, from <http://www.buildingsmart.es/>

Calcagno, F. (2015). *IMPLEMENTACION BIM - REVIT "Quizás el mejor video que hayas visto."* Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=Qq5roscGnxc>

Cámara, C. (2011). Del CAD al BIM: comparativa. Retrieved March 8, 2015, from <http://carloscamara.es/blog/2011/03/16/del-cad-al-bim-iii-comparativa>

Cámara, C. (2015). Qué es IFC. Retrieved March 8, 2015, from http://www.ifcworkshop.es/secciones/ifc/que_es.html

Cortés, E. (2013). Colaboración en un proyecto BIM - ¿Posible o Imposible? - Eduardo Cortes's Blog. Retrieved March 8, 2015, from http://communities.bentley.com/other/old_site_member_blogs/bentley_employees/b/eduardo_cortess_blog/archive/2013/10/21/colaboraci-243-n-en-un-proyecto-bim-191-posible-o-imposible

- eBIM. (2015). Bruselas desea implantar BIM en la Unión Europea. JULIO 2013. Retrieved March 8, 2015, from <http://www.ebim.es/index.php/noticias/23-bruselas-desea-implantar-bim-en-la-union-europea>
- Engelbart, D. C. (1962). AUGMENTING HUMAN INTELLECT. Retrieved April 12, 2015, from <http://www.1962paper.org/web.html>
- ENGworks BIM. (2013). *YouBIM - BIM para Operación y Mantenimiento - Facility Management*. Retrieved from https://www.youtube.com/watch?v=Svh5CWppd_s
- Espinosa, C. (2013). Manual estándares BIM. Retrieved March 8, 2015, from <https://prezi.com/xjc6xo2lq--j/manual-estandares-bim/>
- GOOGLE. (2015). 3D Warehouse. Retrieved April 23, 2015, from <https://3dwarehouse.sketchup.com/index.html>
- Gutiérrez, J. M. (2012). BIM en el panorama internacional. Retrieved March 8, 2015, from <http://www.adaptams.com/como-se-encuentra-el-bim-en-el-panorama-internacional/>
- Javier Alonso. (2013). Facilities Management en el entorno BIM | Avatar Building Information Modeling. Retrieved June 27, 2015, from <http://www.avatarbim.com/?p=547>
- Martínez Montejano, D. (2015). Una pequeña historia del BIM. Retrieved from <https://prezi.com/negia11dlk0q/una-pequena-historia-del-bim/>
- Muñoz, O. (2015). EDIFICACION COLABORATIVA. *La Vanguardia*. Retrieved from http://www.iyadi.es/images/Vang23_02_2015.pdf
- Nemetschek Allplan Systems. (2015a). Building Information Modeling para arquitectos. Retrieved May 28, 2015, from <http://www.allplan.com/es/software/bim/bim-para-arquitectos.html>
- Nemetschek Allplan Systems. (2015b). Building Information Modeling para inversores y facility managers. Retrieved May 28, 2015, from <http://www.allplan.com/es/software/bim/bim-para-inversores-y-facility-managers.html>
- Nemetschek Allplan Systems. (2015c). Programa Open BIM. Retrieved March 9, 2015, from <http://ebim.es/index.php/noticias/22-programa-open-bim>
- Nemetschek Allplan Systems. (2015d). Programa Open BIM. Retrieved May 28, 2015, from <http://www.allplan.com/es/software/open-bim/programa-open-bim.html>
- Nemetschek España S.A. (2015). Allplan Connect. Portal para usuarios de Allplan. Retrieved June 28, 2015, from <https://connect.allplan.com/es.html>
- Pellús, M. (2015). Nueva Directiva del Parlamento Europeo. Enero 2014. Retrieved March 8, 2015, from <http://gabener.net/2014/01/nueva-directiva-del-parlamento-europeo/>
- Sutherland, I. (2007). *Video Demostración Sketchpad. Demo (1/2)*. Retrieved from https://www.youtube.com/watch?v=USyoT_Ha_bA
- Total BIM consulting. (2015). BIM para la explotación y mantenimiento. Retrieved June 28, 2015, from <http://www.totalbimconsulting.com/servicios/bim-para-la-explotacion-y-mantenimiento>

12.5 EVENTOS ASISTIDOS.

Asociación IFMA. (2015). *V Encuentro Andaluz de Facility Management. Implantación de Modelos BIM aplicados al FM.*

Cortés Albalá, I., & Quiñones Rodríguez, R. (2014). *Foro BIM Sevilla: Un cambio de paradigma en el sector de la AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción).*

García Ahumada, F. L. (2015). *Planes de continuidad de negocio. Facility Management.*

Nemetschek España S.A., & Arktec. (2015). *Workshop ARKTEC-ALLPLAN. ¿Cómo mejorar sus proyectos con nuestro software BIM?*

12.5 PROFESIONALES DEL SECTOR CONTACTADOS PARA LA REALIZACIÓN DEL PFG.

- D. Manuel Bouzas Cavada. *Coordinador Guías uBIM. Profesor BIM Manager.(manuel@bouzas.eu)*
- D. Isidro Cortés Albalá. *Director Formación y Posgrado ETSIE. Tutor del presente Proyecto Fin de Grado (icortes@us.es)*
- D. Francisco García Ahumada. *Economista y Facility Manager. Ponente conferencia: Planes de continuidad de negocio. Facility Management (IFMA). (ahumada@gmail.com)*
- Dña. María Rocío Quiñones Rodríguez. *Profesora Dpto. Expresión Gráfica e Ingeniería de Edificación. ETSIE (mquinones@us.es)*
- D. Pablo Cordero. *Arquitecto BIM Manager. Director técnico Wise Build. Ponente en V encuentro Andaluz de Facility Management. Ponencia: "Implantación de modelos BIM aplicado al Facility Managemet.*

15. ANEXO 1: MEDICIÓN Y PRESUPUESTO DE DEMOLICIÓN.

