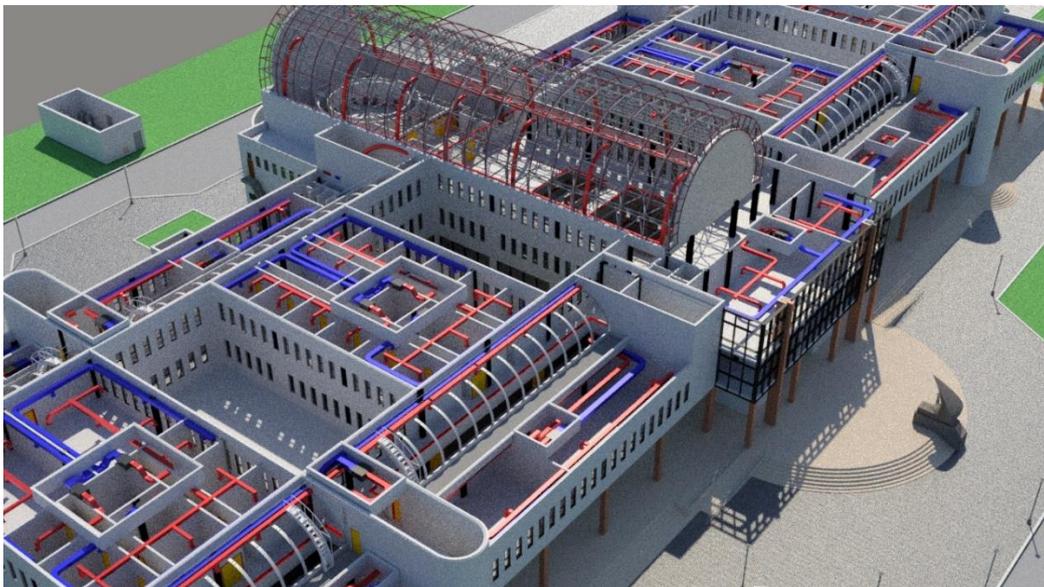


**ESCUELA POLITÉCNICA EN INGENIERÍA DE GIJÓN**  
**GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**  
**ÁREA DE EXPRESIÓN GRÁFICA EN INGENIERÍA**

**TRABAJO FIN DE GRADO**  
**MODELO BIM-MEP DEL EDIFICIO DE MARINA CIVIL DE LA**  
**UNIVERSIDAD DE OVIEDO**



**Sergio Castañón Menéndez**

**Tutores:**

D. Rafael Pedro García Díaz / D. Antonio Bello García

**JULIO 2022**

---

# MEMORIA

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....</b>	<b>9</b>
<b>2. METODOLOGÍA BIM.....</b>	<b>11</b>
2.1. BREVE INTRODUCCIÓN.....	11
2.2. ¿QUÉ ES BIM? .....	11
2.3. EN QUE SE BASA EL BIM.....	13
2.4. EVOLUCIÓN DEL BIM RESPECTO DE CAD .....	14
2.5. NIVELES DE MADUREZ DEL BIM .....	16
2.6. DIMENSIONES DEL BIM .....	17
2.7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL BIM.....	18
2.8. SOFTWARE BIM.....	20
2.8.1. <i>Programas para modelado 3D</i> .....	21
<b>3. PROYECTOS AS-BUILT .....</b>	<b>25</b>
3.1. ¿QUÉ SON LOS PLANOS AS-BUILT? .....	25
3.2. ¿QUIÉN ES EL RESPONSABLE DE ELABORAR LOS PLANOS AS-BUILT? .....	26
3.3. ¿CUÁNDO EMPEZAR LOS PLANOS AS-BUILT? .....	27
3.4. ¿POR QUÉ SON IMPORTANTES LOS PLANOS AS-BUILT?.....	28
3.5. ESTÁNDARES DIGITALES .....	28
3.6. EJEMPLOS DE PROYECTOS AS-BUILT .....	30
3.6.1. <i>Museo de Rotorua</i> .....	30
3.6.2. <i>Aeropuerto Internacional de Auckland</i> .....	32
<b>4. OPEN BIM.....</b>	<b>34</b>
4.1. ¿QUÉ ES UN FORMATO DE DATOS ABIERTOS? .....	35
4.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS ENTRE OPENBIM ® Y CLOSED BIM .....	35
<b>5. FORMATO DE INTERCAMBIO IFC.....</b>	<b>37</b>
5.1. CÓMO FUNCIONA EL FORMATO IFC .....	39
5.2. VERSIONES IFC.....	40
5.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES IFC.....	43
<b>6. INSTALACIONES EN REVIT .....</b>	<b>45</b>
6.1. PRINCIPALES VENTAJAS DE REVIT MEP .....	46
6.1.1. <i>Visión 3D</i> .....	46
6.1.2. <i>Familias Revit</i> .....	47
6.1.3. <i>Inspecciones de Sistema</i> .....	47
6.1.4. <i>Creación de Conductos</i> .....	49
6.1.5. <i>Comprobación de Sistemas</i> .....	51
<b>7. MODELADO DEL EDIFICIO MARINA CIVIL .....</b>	<b>53</b>
7.1. EL EDIFICIO .....	53
7.2. INFORMACIÓN DE PARTIDA .....	55
7.3. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE PARTIDA .....	56
7.4. APLICACIONES ELEGIDAS .....	62

---

7.5.	DESARROLLO DEL MODELO .....	63
7.5.1.	<i>Vinculación del proyecto</i> .....	63
7.6.	CLIMATIZADORES .....	71
7.7.	RENDIJAS DE VENTILACIÓN .....	75
7.8.	CONDUCTOS DE VENTILACIÓN .....	77
7.8.1.	<i>Generación de Conductos de Suministro</i> .....	79
7.8.2.	<i>Generación de Conductos de Retorno</i> .....	87
7.9.	INSPECCIÓN DE SISTEMAS .....	92
7.10.	CAMBIOS EN EL MODELO ARQUITECTÓNICO ORIGINAL .....	99
7.11.	FALSOS TECHOS .....	99
7.12.	IFC EN EL MODELO.....	105
<b>8.</b>	<b>PLANOS</b> .....	<b>114</b>
8.1.	PLANOS AS-BUILT EN EL MODELO .....	115
<b>9.</b>	<b>ANIMACIONES</b> .....	<b>116</b>
9.1.	3DS MAX.....	120
9.2.	ENSCAPE .....	123
<b>10.</b>	<b>PLANIFICACIÓN</b> .....	<b>126</b>
<b>11.</b>	<b>PRESUPUESTO</b> .....	<b>128</b>
11.1.	COSTE DEL MATERIAL INFORMÁTICO .....	128
11.2.	COSTE MATERIAL UTILIZADO.....	129
11.3.	COSTE PERSONAL .....	129
11.4.	COSTE TOTAL DEL PROYECTO .....	130
<b>12.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>131</b>
<b>13.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>133</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 2.1. Descripción BIM .....	12
Ilustración 2.2. <a href="https://www.factoria5hub.com/que-es-un-bim-manager-2/">https://www.factoria5hub.com/que-es-un-bim-manager-2/</a> .....	12
Ilustración 2.3. <a href="https://msistudio.com/por-que-utilizar-revit-mep/">https://msistudio.com/por-que-utilizar-revit-mep/</a> .....	13
Ilustración 2.4. Comparación BIM vs CAD .....	15
Ilustración 2.5. Productividad de un proyecto BIM a lo largo del tiempo. ....	15
Ilustración 2.6. Niveles Madurez BIM (Información sacada del National BIM Standard).....	16
Ilustración 2.7. Dimensiones BIM.....	18
Ilustración 2.8. Logo ArchiCAD. ....	21
Ilustración 2.9. Logo Allplan.....	22
Ilustración 2.10. Interfaz FINESANI .....	23
Ilustración 2.11. Interfaz QuickPlumb. ....	23
Ilustración 3.1. Empresa colaboradora AsBuilt.....	25
Ilustración 3.2. Ejemplo Plano As-Built.....	26
Ilustración 3.3. Ejemplo 2 Plano As-Built.....	26
Ilustración 3.4. <a href="https://www.scanphase.com/escaneo-edificios-completos?lightbox=dataItem-k8vtf5h9">https://www.scanphase.com/escaneo-edificios-completos?lightbox=dataItem-k8vtf5h9</a> . ....	29
Ilustración 3.5. <a href="https://es.wikipedia.org/wiki/Museo_de_Rotorua">https://es.wikipedia.org/wiki/Museo_de_Rotorua</a> .....	31
Ilustración 3.6. Modelo 3D obtenido.....	31
Ilustración 3.7. Secciones 3D Obtenidas del modelo. ....	31
Ilustración 3.8. Modelo generado por As-built del nuevo proyecto. ....	32
Ilustración 3.9. Explosionado del nuevo Terminal.....	33
Ilustración 4.1. Esquema Open BIM .....	35
Ilustración 5.1. Logo BuildingSmart .....	37
Ilustración 5.2. Base Trabajo IFC.....	38
Ilustración 5.3. Ciclo de vida IFC.....	41
Ilustración 6.1. Captura de Pantalla del Modelo Generado. ....	45
Ilustración 6.2. Comparación Plano vs Modelo 3D obtenidos .....	46
Ilustración 6.3. Conjunto de Sistemas Generados por Revit .....	47
Ilustración 6.4. Selección Herramienta Inspección de Sistema. ....	48
Ilustración 6.5. Ejemplo inspección de Sistema del modelo. ....	48
Ilustración 6.6. Ejecución “Conectar a” .....	49
Ilustración 6.7. Primer paso generación automática conductos.....	50
Ilustración 6.8. Entorno “Generar Diseño” .....	51
Ilustración 6.9. “Comprobar sistema de Conductos” y “Mostrar desconexiones”. ....	52
Ilustración 7.1. Vista satélite del Campus de Gijón.....	53
Ilustración 7.2. Vista 3D obtenida Google Maps .....	54
Ilustración 7.3. Edificio durante su construcción. ....	55
Ilustración 7.4. Planos originales sistema calefacción.....	56
Ilustración 7.5. Modelo 3D generado por Paula Fernández González. ....	56
Ilustración 7.6. Captura de pantalla empresa CIEN .....	59
Ilustración 7.7. localización Climatizadores azotea. ....	60
Ilustración 7.8. Plano climatizadores a mano. ....	60

---

Ilustración 7.9. localización Climatizadores Planta Baja .....	61
Ilustración 7.10. AutoCAD, Autodesk .....	62
Ilustración 7.11. Revit, Autodesk .....	63
Ilustración 7.12. 3ds Max, Autodesk.....	63
Ilustración 7.13. Logo Enscape .....	63
Ilustración 7.14. Logo BIMvision .....	63
Ilustración 7.15. Captura Pantalla Revit Insertar.....	64
Ilustración 7.16. Modelo Original .....	64
Ilustración 7.17. Modelo en Plantilla mecánica.....	65
Ilustración 7.18. Ampliación Plantilla mecánica.....	66
Ilustración 7.19. Comparación Navegador Proyectos .....	67
Ilustración 7.20. Herramienta Coordinar.....	68
Ilustración 7.21. Opciones Herramienta Coordinar.....	69
Ilustración 7.22. Parámetros Herramienta Coordinar .....	69
Ilustración 7.23. Creación Vistas.....	70
Ilustración 7.24. Selección Nivel.....	70
Ilustración 7.25. Propiedades vista Nueva Plantilla .....	71
Ilustración 7.26. Climatizadores Revit para suelos. ....	72
Ilustración 7.27. Climatizadores de Revit para Falsos Techos.....	72
Ilustración 7.28. Representación Alturas Climatizadores.....	73
Ilustración 7.29. Representación Alturas Climatizadores 2.....	73
Ilustración 7.30. Propiedades Revit.....	74
Ilustración 7.31. Ejemplo Climatizadores. ....	75
Ilustración 7.32. Captura Tipos de Rejillas .....	76
Ilustración 7.33. Propiedades Difusor Suministro Planta Baja.....	77
Ilustración 7.34. Planta Segunda Ala izquierda.....	78
Ilustración 7.35. Representación tubos 3D.....	78
Ilustración 7.36. Familias Conductos Revit.....	79
Ilustración 7.37. Modificación Familia. ....	80
Ilustración 7.38. Punto Partida Sistema Climatización. ....	81
Ilustración 7.39. Cuadro Dialogo Creación Conductos.....	81
Ilustración 7.40. Opción 1 Generada.....	82
Ilustración 7.41. Opción 2 Generada.....	82
Ilustración 7.42. Sistema de Conductos Generado.....	83
Ilustración 7.43. Recorrido Tubería Central.....	84
Ilustración 7.44. Recorrido tubería Central 2. ....	84
Ilustración 7.45. Ramificación Generada con “Conectar a”.....	85
Ilustración 7.46. Modelo 3D Obtenido.....	86
Ilustración 7.47. Sección Modelo Generado. ....	86
Ilustración 7.48. Conducto de Retorno 1.....	88
Ilustración 7.49. Conexión de Retorno 1.....	89
Ilustración 7.50. Zoom Error en Difusor.....	90
Ilustración 7.51. Cuadro Dialogo Indicador de Error.....	90

---

---

Ilustración 7.52. Selección de Conductos Para Modificar.....	91
Ilustración 7.53. Sistema climatización Generado Como Ejemplo. ....	92
Ilustración 7.54. Inspector de Sistemas en Funcionamiento.....	93
Ilustración 7.55. Errores Conductos 1. ....	94
Ilustración 7.56. Función taponar extremos abiertos.....	94
Ilustración 7.57. Mensaje Revit. ....	95
Ilustración 7.58. Sistema Retorno Completo.....	95
Ilustración 7.59. Sistema Suministro Completo. ....	96
Ilustración 7.60. Errores en Sistemas. ....	97
Ilustración 7.61. Advertencia “Comprobar Sistema de Conductos”. ....	98
Ilustración 7.62. Mensaje Error “Comprobar Sistema de Conductos”. ....	98
Ilustración 7.63. Captura de Pantalla Falsos Techos Modelo Original. ....	100
Ilustración 7.64. Captura de Pantalla Modelo Original 2. ....	101
Ilustración 7.65. Mediciones de los Falsos Techos. ....	101
Ilustración 7.66. Modelo Original Falsos Techos Correctos. ....	102
Ilustración 7.67. Climatización Cubierta Original.....	103
Ilustración 7.68. Sistema Ventilación Original. ....	103
Ilustración 7.69. Sala de Climatizadores Edificio. ....	104
Ilustración 7.70. Captura de Pantalla Modelo Final. ....	105
Ilustración 7.71. Entorno BIMvision.....	106
Ilustración 7.72. Captura BIMvision 1. ....	106
Ilustración 7.73. Captura BIMvision 2. ....	107
Ilustración 7.74. “Estructura” BIMvision.....	108
Ilustración 7.75. Herramienta “Vincular IFC”. ....	108
Ilustración 7.76. IFC Vinculado a Revit.....	109
Ilustración 7.77. Modelo con Ampliación del terreno.....	110
Ilustración 7.78. Convertir archivo a IFC.....	111
Ilustración 7.79. Configuración IFC.....	111
Ilustración 7.80. Menú exportación IFC.....	112
Ilustración 7.81. Modelo IFC en BIMvision. ....	113
Ilustración 8.1 Ejemplo Plano en Revit.....	114
Ilustración 8.2. Ejemplo Plano As-Built Modelo Original.....	115
Ilustración 9.1. Interfaz Blender. ....	116
Ilustración 9.2. Ejemplo Lumion.....	117
Ilustración 9.3. Primer Paso Visor Autodesk. ....	118
Ilustración 9.4. Segundo Paso Visor Autodesk .....	119
Ilustración 9.5. Modelo Obtenido en el Visor de Autodesk. ....	119
Ilustración 9.6. Interfaz Revit. ....	120
Ilustración 9.7. Herramienta "Auto Key" .....	121
Ilustración 9.8. Parámetros Cámara 3DS Max y la vista en ese instante.....	121
Ilustración 9.9. Renderización Obtenida. ....	122
Ilustración 9.10. Captura de Pantalla “Create Preview Animation”.....	122
Ilustración 9.11 Modulo selección Enscape. ....	123

---

---

Ilustración 9.12 Biblioteca Objetos Enscape .....	124
Ilustración 9.13 Modelo Luz Media Tarde .....	124
Ilustración 9.14 Modelo Atardecer .....	125
Ilustración 10.1. Tabla de planificación MS Project .....	126
Ilustración 10.2. Diagrama Gantt Proyecto .....	127

# 1. Introducción y Objetivos

En el presente proyecto se realizará un estudio sobre la metodología BIM y se aplicará a un caso concreto como es el edificio de Marina Civil de la Universidad de Oviedo. Se tratará de gestionar toda la información con los nuevos métodos de trabajo colaborativo que rodean esta metodología.

La introducción a este nuevo método de trabajo viene provocada por el auge que está sufriendo en el sector de la construcción, parte de ello provocado por la infinidad de ventajas que presenta y por la obligatoriedad que se está aplicando en diferentes países. En España, desde finales de 2018 (Real Decreto 1515/2018, de 28 de diciembre), toda obra pública desarrollada por el Ministerio de Fomento deberá estar gestionada por esta metodología.

Debido a esto, se crea el interés de la unidad Técnica del Vicerrectorado de Vicerrectorado de Sostenibilidad, Movilidad y Medio Ambiente de la Universidad de Oviedo de poder tener a su disposición un modelo BIM con el cual poder cumplir la normativa, sin olvidar la ayuda que supondría tener a su disposición un modelo que gestionase toda la información para su correcto mantenimiento.

Como todo trabajo, se tratarán de seguir unos objetivos desde un comienzo, los cuales serán:

- En primer lugar, y el más importante, conseguir un modelo BIM MEP de sistema de calefacción del edificio de Marina Civil del campus de Gijón. Se tratará de obtener la mayor similitud posible con el edificio en la vida real para crear un archivo funcional utilizable en un futuro, el cual pueda ser modificado.
- Por otra parte, se tratará de comprender la capacidad que tiene la metodología BIM en los diferentes sectores en los que nos tocará trabajar, pero sin poder profundizar a fondo debido al gran alcance que tiene.
- Por último, conocer alguno de los diferentes tipos de datos que facilitan la comunicación y coordinación entre involucrados en la realización de un proceso.

Antes de comenzar con el trabajo, es imprescindible agradecer al Vicegerencia Técnica de Infraestructuras de la Universidad de Oviedo por la documentación facilitada y por el interés en llevar a cabo este proyecto.

También quisiera agradecer al Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería y al Departamento de Construcción e Ingeniería de Fabricación por facilitar tanto el equipo necesario que estuvo siempre a

---

nuestra disposición, toda la información necesaria para generar el modelo y la ayuda brindada en los momentos de desconcierto.

Por otra parte, agradecer a los conserjes y al servicio de mantenimiento del campus, pero sobre todo al encargado de este, Daniel Rius Carranza, que en todo momento se ofreció voluntario a resolver cualquier tipo de duda y facilitó información clave para poder completar nuestro proyecto.

## 2. Metodología BIM

### 2.1. Breve Introducción

Para poder explicar su historia, debemos remontarnos a finales de los años sesenta, cuando todavía el diseño asistido por ordenador y la fabricación asistida por ordenador se desarrollaban de manera separada. No fue a partir del momento en el que Doctor Patrick J. Hanratty desarrolló el primer software comercial de fabricación asistida por ordenador (CAM<sup>1</sup>), y debida a la alta demanda que exige la industria, principalmente impulsada por la AEC<sup>2</sup>, la metodología BIM se empezó desarrollada durante años, llegando hasta el presente donde esta tecnología nos brinda un proceso revolucionario usando este software.

Como primera gran revolución llevada a cabo en este sector y relacionada con el BIM, se debe mencionar el paso del dibujo en papel al uso del CAD<sup>3</sup>. Como base de esta metodología se debe tener en cuenta la facilidad en el intercambio de la información la cual nos ahorra una inmensa cantidad de tiempos y una mejor gestión de las modificaciones.

Como se ha comentado, una de las razones más importantes para el auge de esta metodología, es la infinidad de ventajas que proporciona al sector de la construcción. Pero, debido a los contratiempos que se han producido en la sociedad durante estos últimos años, en primer lugar, una dura crisis económica durante los 2000 de la cual no hemos sido capaces de recuperarnos todavía, y la fatídica aparición del COVID-19, han generado un decremento del desarrollo en este sector debido a que gran parte del planeta se ha visto paralizado.

### 2.2. ¿Qué es BIM?

El termino BIM proviene del acrónimo “Building Information Modeling” (*según buildingSmart*) o modelado de la información del edificio, del cual podemos sacar cual es la principal característica, representarnos toda la información que un proyecto tiene en su interior en un mismo modelo para que otros puedan consultarla o utilizarla a la hora de crear o modificar una estructura a modelar.

---

<sup>1</sup> CAM: acrónimo del inglés Computer Aided Manufacturing (fabricación asistida por computador)

<sup>2</sup> AEC: acrónimo del inglés Architecture, Engineering and Construction (arquitectura, ingeniería y construcción)

<sup>3</sup> CAD: acrónimo del inglés Computer-Aided Design (diseño asistido por computadora)



Ilustración 2.1. Descripción BIM

El uso de BIM y su desarrollo ha dado como resultado que no solamente lo utilizemos como herramienta para las fases de diseño. La idea o su finalidad es abarcar la ejecución del proyecto y lograr mantenerse durante todo el ciclo de vida del edificio, facilitando en todo momento su gestión. La colaboración y la comunicación entre las diferentes partes que trabajan en el proyecto es una de las ventajas más destacadas, ya que, generando un único archivo, toda la información necesaria podrá estar incluida para cualquiera, y modificada en cualquier momento.



Ilustración 2.2. <https://www.factoria5hub.com/que-es-un-bim-manager-2/>

Todo esto implica sin ninguna duda una mejora en la gestión de los proyectos, gracias a la cual podremos reducir en gran nivel los tiempos de ejecución y por lo tanto una de las premisas anteriormente dichas, una reducción de costes de proyecto

Mirando desde el punto de vista de trabajo, algo que no es aparente cuando se habla de la gestión de proyectos, y que es la base de este trabajo, es la facilidad de trabajo en diferentes disciplinas en el mismo proyecto, es decir, una persona puede trabajar en el ámbito de la climatización mientras otra realiza al mismo tiempo cambios en la arquitectura, y ajustar sus trabajos al mismo tiempo.

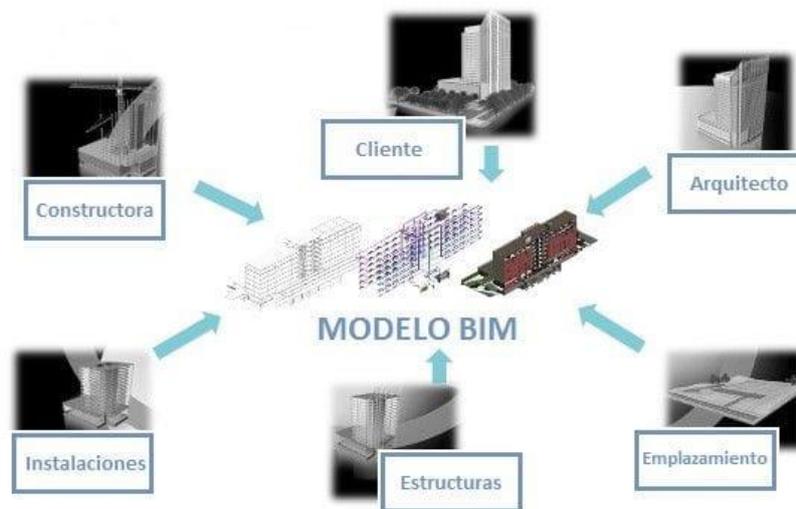


Ilustración 2.3. <https://msistudio.com/por-que-utilizar-revit-mep/>

Haciendo un pequeño resumen de lo que se recoge en este punto, podríamos reconocer al BIM como la nueva forma de trabajo a la cual deberíamos adaptarnos con la mayor rapidez posible. Vivimos en un mundo completamente conectado, en el que dos empresas de puntos diferentes del planeta intercambian cantidades enormes de información a lo largo de una obra, y una nueva tecnología que nos permita el continuo intercambio de datos permite visualizar los avances en ambos lugares a partir de un mismo modelo o proyecto. Esta colaboración dificulta la pérdida de información y una inmensa mejora en la comunicación.

## 2.3. En que se basa el BIM

Sacando una descripción de la propia página oficial de Autodesk<sup>4</sup>, el continuo avance que se produce en el mundo obliga a la industria a buscar formas más inteligentes y eficientes de diseñar y construir.

*“BIM se basa en la importancia de la eficiencia a la hora de conservar y crear nuevos espacios sostenibles y con capacidad de adaptación para el futuro, y asegurar que debido a su tecnología cada vez se exija más su uso en todo el mundo.”*

**Comunicación:** la necesidad de recortar tiempos de ejecución implica que más individuos entren a la acción cuanto antes. Si se quiere conseguir los objetivos, es necesario que toda persona que esté incluida en el proyecto esté al tanto de todos los cambios que se producen, por lo que un constante

<sup>4</sup> Autodesk: compañía encargada del desarrollo de softwares de diseño en 2D y 3D

intercambio de datos depende de la facilidad de enviarlos, algo que, comparándolo con los métodos del pasado, BIM nos lo ofrece en cuestión de segundos.

**Interoperabilidad:** estar conectados con los diferentes lugares no significa que todos usen los mismos métodos de trabajo. Esta idea de BIM permite que diferentes sectores de los proyectos que trabajan con diferentes softwares puedan seguir intercambiando información mediante los archivos “IFC<sup>5</sup>”, un formato de datos que permite el intercambio de información sin pérdida o distorsión.

## 2.4. Evolución del BIM respecto de CAD

Parte del proceso que se lleva a cabo por diferentes especialistas en el desarrollo de edificios prefieren la creación de su modelo a partir de programas que les permitan crear formas a su gusto, sin que se les impida ninguna geometría. Después de concluir con el modelo que se ajuste más a su idea, tratará de plasmar todos sus elementos en formato CAD.

Probablemente a simple vista no se vea ningún inconveniente mientras se trabaja de esta manera, o si el método de trabajo ya se ha familiarizado con el encargado. Pero es cierto que este tipo de procesos puede generar una gran dificultad a la hora de la transición de un modelo a otro, produciendo pérdidas de información y que la aparición de errores sea algo muy común, todo esto debido a una falta de comunicación entre los diferentes softwares.

Sin embargo, la gran diferencia que se puede conseguir utilizando la metodología BIM es la eliminación de esta etapa de transición, en la cual todo el proceso puede llevarse a cabo mediante un único software, el cual nos permitirá gestionar la etapa de diseño hasta obtener nuestro modelo óptimo. De la misma manera será capaz de generar toda la información relacionada con el proyecto (aspectos gráficos (Modelo 3D), técnicos, financieros, tiempos), algo que permite un mayor conocimiento y mejora de tiempos debido al decremento de fallos cometidos.

---

<sup>5</sup> IFC: acrónimo del inglés Industry Foundation Classes

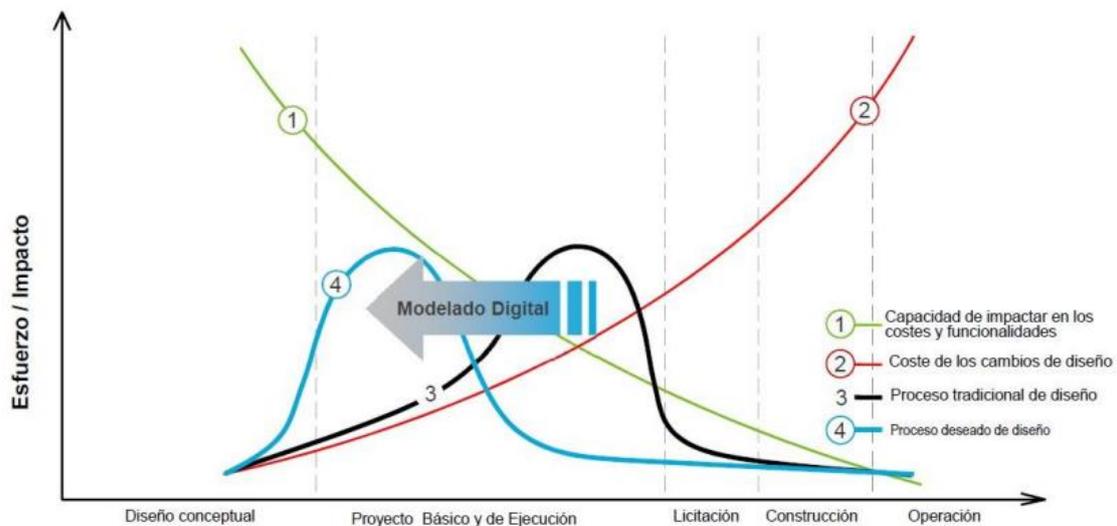


Ilustración 2.4. Comparación BIM vs CAD

En la gráfica anterior podemos ver qué es lo que trata de conseguir BIM. Un mayor esfuerzo durante la etapa de diseño, en la cual deberemos de poner más atención para poder gestionar toda la información, para que cuando el proyecto avance y se ponga en marcha, el número de errores y de esfuerzo sea menor que durante el método tradicional, algo que se verá reflejado en un alto ahorro económico y temporal.

Probablemente, aunque a largo plazo la metodología BIM nos ayude a mejorar en diferentes aspectos, las empresas no son capaces a dar el paso debido a que este nuevo método de trabajo puede suponer una pérdida económica a corto plazo, como se puede ver explicado en este gráfico de la productividad de BIM.

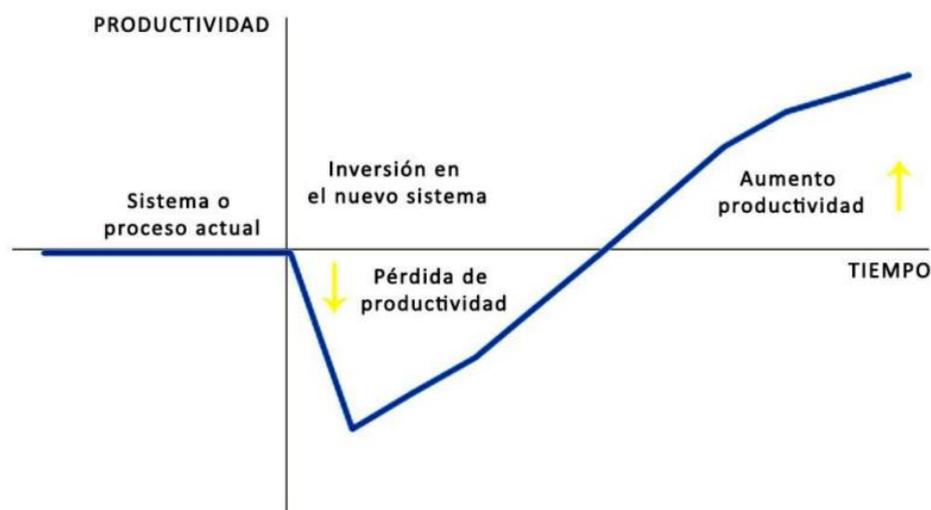


Ilustración 2.5. Productividad de un proyecto BIM a lo largo del tiempo.

## 2.5. Niveles de madurez del BIM

Relacionado con el punto anterior, hay que tener en cuenta en que niveles se encuentra el desarrollo de esta metodología alrededor del mundo, ya que no se puede decir que en la actualidad gran parte de los usuarios les saquen todo el rendimiento posible a los diferentes programas.

En la actualidad como se puede ver reflejado en la ilustración 2.6, existen cuatro niveles de madurez BIM (los cuales podremos ver explicados en una de las páginas de BibLus):

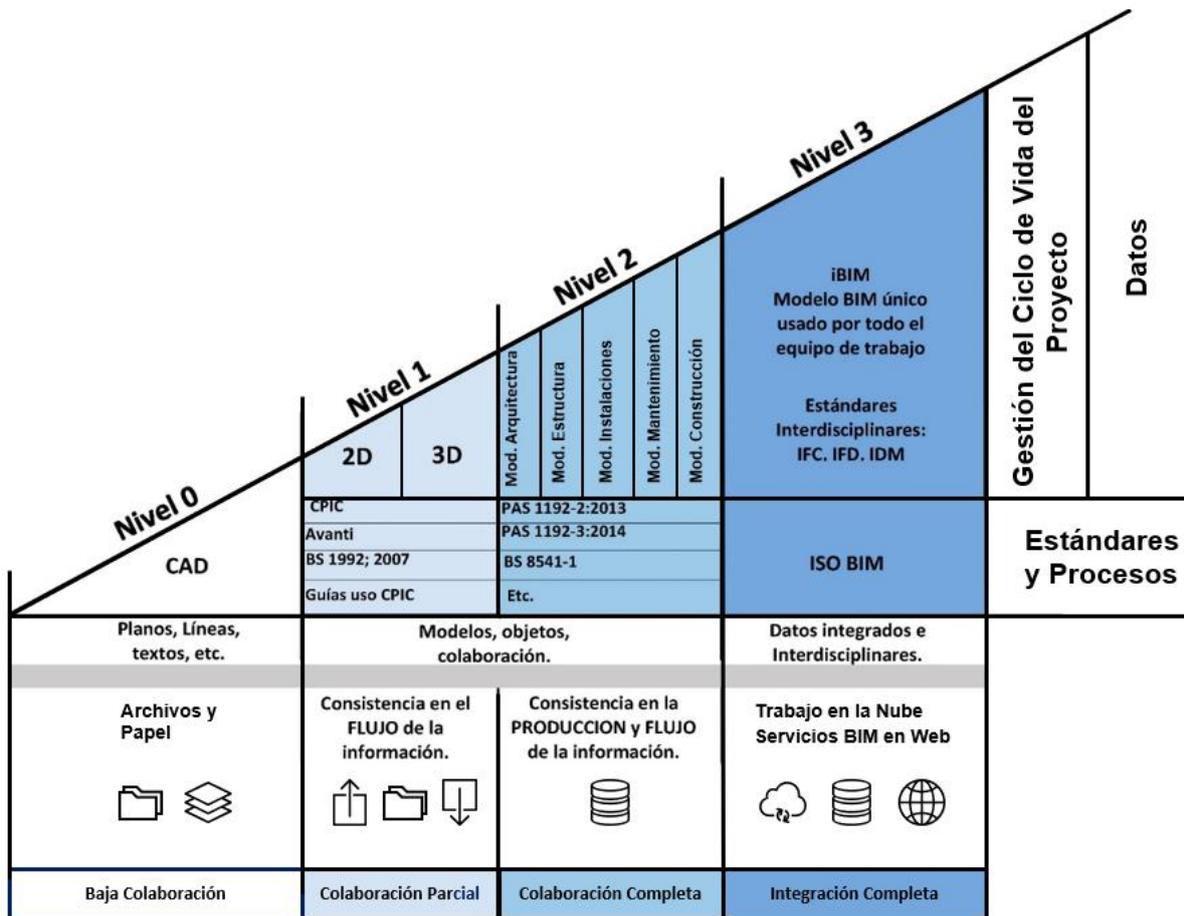


Ilustración 2.6. Niveles Madurez BIM (Información sacada del National BIM Standard)

- **BIM Nivel 0 (colaboración baja):** En este nivel la cooperación es casi inexistente. La utilización de documentos en papel sigue siendo de uso habitual, algo que no permite la interoperabilidad de los trabajadores.
- **BIM Nivel 1 (colaboración parcial):** en este nivel lo que se está consiguiendo es que las diferentes empresas utilizando CDE<sup>6</sup> lleven a cabo la etapa de transición de 2D y

<sup>6</sup> CDE: acrónimo del inglés Common Data Environment (entorno de datos colaborativo)

3D. Por otra parte, los diferentes archivos no están al alcance de todos los miembros, solamente entre los encargados de diseño y gestión.

- **BIM Nivel 2 (colaboración completa):** la principal característica de este nivel es que los datos son compartidos entre los participantes del proyecto. Esto no quiere decir que todos sean encargados de modificar el mismo archivo, pero si ser capaces de acceder a él para obtener la información necesaria para llevar a cabo cualquier tipo de tarea.
- **BIM Nivel 3, la meta en el sector de la construcción:** el objetivo principal de este nivel es conseguir que todos los miembros del proyecto sean capaces de trabajar bajo el mismo archivo en la nube, algo que probablemente cueste mucho tiempo y esfuerzo al comienzo, pero que con dedicación facilitara la creación y mantenimiento de infraestructuras ya que cualquiera podrá tener el acceso a la información del edificio para gestionar el modelo cuando sea necesario.

## 2.6. Dimensiones del BIM

Como la idea principal que tiene esta metodología es la utilización de estos archivos durante todas las fases de la vida de una edificación, sacar su máximo partido va más allá de obtener un modelado 3D.

En la actualidad se habla de las 7 dimensiones, las cuales agruparan las diferentes características para una completa realización del proyecto:

- 1D Concepto: establecer unas bases para llevar a cabo los proyectos colaborativos.
- 2D Vectorización del Boceto: se tratará de establecer un flujo de trabajo y los diferentes procesos en torno a BIM en las áreas de obra implicadas.
- 3D Modelado: obtención del modelo 3D completo, incluyendo todas las disciplinas (arquitectura, estructura e instalaciones) que se vayan a necesitar.
- 4D Planificación: trata de evaluar la dimensión temporal que puede suponer el proyecto, estableciendo unos plazos de ejecución que deben cumplirse. Se caracteriza por la anticipación a futuros contratiempos en la logista, gestionando los tiempos de utilización y las diferentes fases en las que tiene que intervenir cada uno de los medios auxiliares. Subsanan estos problemas en la fase de diseño ahorrará costes significativos durante la fase de ejecución.

- 5D Costes: se tratará de calcular y controlar los diferentes costes que supondrá el proyecto para su futura rentabilidad. En este punto se generan una serie de presupuestos y estudios que controlarán la viabilidad económica de la obra dependiendo de las diferentes ofertas y contrataciones que se lleven a cabo, teniendo en cuenta los beneficios que se podrán obtener.
- 6D Sostenibilidad Energética: o también conocido como “BIM verde” está relacionado con la ecoeficiencia, certificaciones en sostenibilidad o simulaciones energéticas.
- 7D Seguimiento/Mantenimiento: para los propietarios se trata de una de las dimensiones más importantes, ya que es la encargada de mantener una correcta conservación de la estructura. Su principal objetivo es alargar y mantener la máxima calidad posible, documentando en todo momento todas las nuevas características que haya sufrido el modelo.

Durante los últimos años, aparte de las dimensiones básicas, ha surgido un debate sobre unas “nuevas dimensiones BIM”:

- 8D Seguridad y Salud en obra y mantenimiento del edificio.
- 9D Optimización de los procesos de construcción.
- 10D Automatización del proyecto y obra.



Ilustración 2.7. Dimensiones BIM.

## 2.7. Ventajas y desventajas del BIM

Como todo proceso que se lleve a cabo comparándolo con otro, encontraremos ventajas y desventajas, y en este caso comparándolo con el método tradicional obtendremos infinidad de ventajas sobre este y que trataremos de resumir.

Algunas de estas ventajas ya se han explicado como consecuencia de las referencias anteriores, pero en este caso las agruparemos para hacer más hincapié:

- Trabajo multidisciplinar: BIM nos permite una colaboración en tiempo real a través de una sola plataforma en la que se pueden ver implicados los diferentes sectores del proceso de fabricación. Esto permite una mayor velocidad de interacción entre los responsables de obra y los clientes.
- La capacidad de integración de modelos 2D y 3D facilita la comprensión del proyecto, creando diferentes vistas en un entorno virtual donde podremos recrear diferentes opciones, evitando posibles errores de interpretación.
- Una vez obtenido el resultado que deseábamos, BIM nos ofrece de forma automática generar la documentación del proyecto, ya sean planos, vistas 3D, presupuestos o planificaciones de obras.
- La posibilidad de realizar análisis, gracias a la cantidad de datos de cálculo que podemos obtener del programa, nos facilita generar diferentes modelos para evaluar la sostenibilidad y eficiencia energética que obtendríamos con diferentes modelos.
- Por otra parte, y relacionado con el punto anterior, el ahorro de consumo energético y la reducción de la contaminación, hacen que la metodología BIM sea más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.
- Gracias a la posibilidad de obtener diferentes resultados al instante solamente con cambiar los materiales de los que consta el proyecto, se obtiene un gran aumento de la productividad y del rendimiento.
- Control total para todas las partes intervinientes durante todo el ciclo de vida del proyecto, facilitando el mantenimiento y futuras modificaciones que se vayan a realizar. Este apartado puede ser uno de los más importantes en comparación con el método tradicional, ya que es habitual que en estructuras antiguas en las que se quiera llevar a cabo una modificación o mantenimiento no se encuentre la documentación necesaria para realizarla.

No podemos olvidar como comentamos anteriormente, que este método también puede tener sus inconvenientes, pero de los cuales no podemos atribuir a la forma de trabajo que ejecuta esta metodología, sino a la manera en la que las personas o empresas quieran llevarlo a cabo y en los que podemos encontrar:

- En primer lugar, debemos valorar el alto coste de implantación. Como se ha comentado, a la larga este método ofrece una gran reducción de costes, pero dependiendo de cuál vaya a ser nuestro proyecto, tendremos que ser conscientes de si el alto coste inicial, y toda la planificación y cualificación necesaria, se ajustan al presupuesto de nuestro trabajo.
- Liderazgo Débil: no se puede pretender obtener una nueva forma de trabajo porque se describe como el futuro de la industria, debemos llevar a cabo un proceso de aprendizaje que nos introduzca lentamente para conocer el alcance real de la metodología.
- Resistencia al cambio: uno de los retos más difíciles en cualquier proceso de cambio es sacar a las personas de sus costumbres a la hora de trabajar. Si un operario no es capaz de asimilar las ventajas que podrá obtener, seguirán utilizando los métodos que dominan debido a su experiencia. Aun así, las decisiones estratégicas de la empresa también pueden suponer una resistencia contra la implantación de nuevos conocimientos a sus trabajadores.

Esta tecnología está destinada a ser el futuro de la industria, y se puede apreciar fácilmente en el número de países que se están introduciendo en la obligatoriedad de esta metodología. Con el paso de los años los nuevos operarios serán capaces de desarrollar nuevas técnicas debido a la implantación de estas nuevas formas de trabajo desde el comienzo de su etapa laboral o de formación.

## 2.8. Software BIM

Debido a la alta demanda que puede suponer llevar a cabo un proyecto, gestionar todos tus recursos es un tema básico, como lo es una correcta elección del software a escoger. Para llevar a cabo esta elección, se deberán tener en cuenta los diferentes factores que produzcan un correcto flujo de trabajo, ya sea la compatibilidad con los diferentes implicados, el rendimiento que vas a ser capaz de sacarle a ese programa, el coste de implantación y su evaluación a largo plazo para posteriores proyectos.

Como es evidente, debido a la capacidad económica que supone el desarrollo de unos de estos programas en el mercado, existen diferentes opciones que se tendrán que barajar, y de las cuales explicaremos a continuación.

## 2.8.1. Programas para modelado 3D

Dentro de esta categoría, existen principalmente tres programas por encima de los demás gracias a sus características y repercusión:

- Revit<sup>7</sup>
- ArchiCAD<sup>8</sup>
- Allplan<sup>9</sup>

**Revit:** se puede considerar como uno de los más asentados en el mercado. Probablemente este software desarrollado por Autodesk haya ganado tanto valor debido a la alta compatibilidad y flexibilidad que se genera con otros programas creados por la misma empresa. Por otra parte, dispone de todas las herramientas necesarias para el modelado de diseños arquitectónicos, ingeniería y construcción de estructuras.

**ArchiCAD:** se trata de un software desarrollado por GRAPHISOFT en 1982, convirtiéndose en uno de los impulsores de esta forma de trabajo. Desde ese momento ArchiCAD ha ido desarrollándose en torno a una nueva metodología BIM (no conocida con ese nombre en aquel momento), tratando de generar una completa integración de personas, flujos de trabajo e información en tiempo real.



*Ilustración 2.8. Logo ArchiCAD.*

Se caracteriza por su fácil manejo y comprensión a la hora de trabajar en su interfaz. Es capaz de generar con todas las vistas 2D y 3D necesarias para la completa ejecución y futuras comprobaciones de personas que no realizaron el anterior proceso. Otra de las características son las diferentes bibliotecas de objetos que nos facilita, siendo estas totalmente editables para conseguir la apariencia y características necesarias, algo que produce un ahorro de tiempos.

---

<sup>7</sup> Autodesk Revit (<https://www.autodesk.es/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>)

<sup>8</sup> ArchiCAD (más información <https://graphisoft.com/es/why-graphisoft/our-story>)

<sup>9</sup> Allplan (<https://www.allplan.com/es/>)

**Allplan:** como en los otros dos casos anteriores, se trata de un programa basado en la metodología BIM. Su principal característica es la facilidad de representación de planos y documentación tras haber realizado un modelo 3D.



*Ilustración 2.9. Logo Allplan.*

Como ya se ha comentado dentro de sus características, dentro de lo que cabe sus funciones y representaciones son bastante similares., aunque tras la búsqueda de información, muchos de los sitios web dejan a Allplan por debajo de sus competidores, por lo que en este caso es claro para ser descartado. Por otra parte, para elegir entre Revit y ArchiCAD, lo único que se ha tenido en cuenta, ha sido la experiencia que ya se tenía con la aplicación Revit gracias a la asignatura de Aplicaciones Industriales del CAD, y a que Autodesk ofrece licencias educativas gratuitas.

En este proyecto se llevarán a cabo algunos cambios arquitectónicos para tratar de corregir el proyecto original que se ha facilitado, pero el mayor objetivo que se quiere conseguir es el sistema de calefacción del edificio. Aunque Revit siga siendo la mejor opción para la disciplina mecánica que queremos llevar a cabo, existirán otros programas que también nos permitirán realizar trabajos muy similares. Como ejemplo se expondrán alguno de los que más repercusión tienen en el mercado:

FINESANI<sup>10</sup>: sacada la información de su propia página, asegura que se trata del software que mayor facilidad de adaptación tiene para los nuevos usuarios, siendo de gran ayuda en un proceso tan difícil como es pasar del CAD al BIM y tubería en 3D. Por otra parte, también cabe destacar su completa compatibilidad con AutoCAD, algo que lo hace muy útil debido a la cantidad de personas que usan este software.

---

<sup>10</sup> FINESANI: Página Oficial (<https://www.4msa.com/es/brands-5/finesani>)

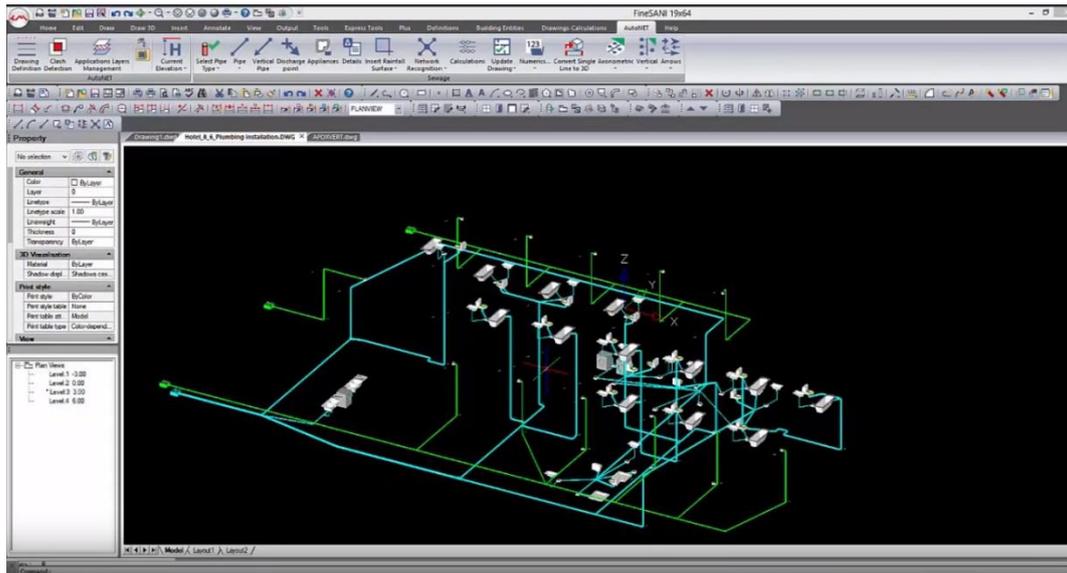


Ilustración 2.10. Interfaz FINESANI

QuickPlumb<sup>11</sup>: consiste en un software bastante similar al anteriormente explicado, no se ha trabajado con él, pero lo describen como uno de los programas más básicos o intuitivos en este sector. Un punto a favor es que dispone de una versión gratuita con la cual se podrán hacer pruebas hasta tomar una decisión sobre que licencia obtener.

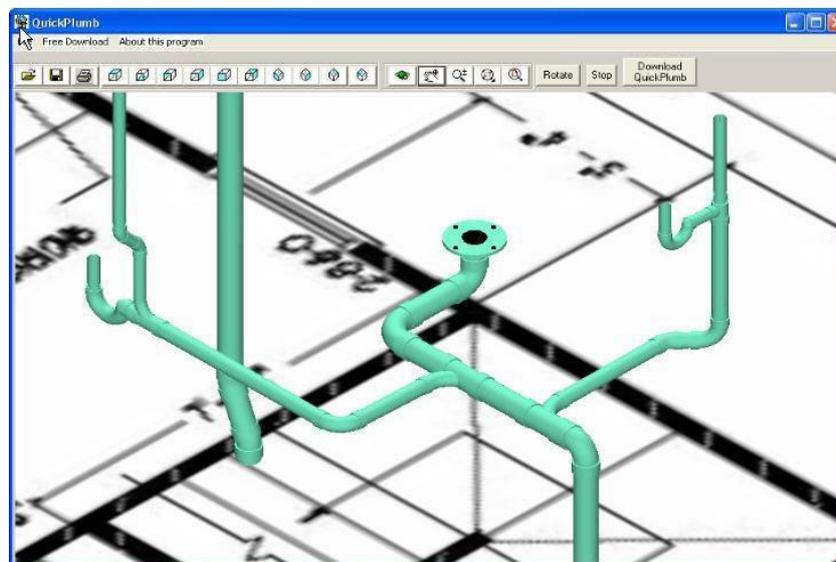


Ilustración 2.11. Interfaz QuickPlumb.

<sup>11</sup> QuickPlumb: Página Oficial (<https://www.quickplumb.com/>)

---

En el Apartado 6 de la memoria, donde ya se introducirá de una manera más específica el trabajo que se ha realizado, se explican las diferentes características que han hecho que Revit sea la opción que se ha escogido para poder llevar a cabo el proyecto.

### 3. Proyectos As-Built

La realización de un proyecto tiene sus complicaciones durante la etapa de ejecución, ya que durante este proceso se producirán una serie de cambios a lo expresado en los planos para poder cumplir dentro de lo posible con el diseño original.

Tomando como ejemplo nuestro estudio sobre el Edificio de Marina Civil, a la hora de revisar los planos que nos proporcionaron, se habían cometido una serie de cambios que no se vieron reflejados en los planos originales, y aquí es donde entra en juego los planos As-Built.

Este tipo de planos no son obligatorios en la mayoría de los casos, pero es cierto que muchos proyectos los requerirán al final de este, ya que proporcionar estos planos consiste en haber gestionado los recursos de una manera diferente, y exponerlos puede ser útil para el futuro de la infraestructura.



*Ilustración 3.1. Empresa colaboradora AsBuilt*

#### 3.1. ¿Qué son los planos As-built?

Un plano As-Built es un dibujo revisado, creado y enviado por un contratista después de que se termine un proyecto de construcción. En estos se deben de reflejar todos los cambios realizados en el proceso de construcción, con su correspondiente representación y las propiedades que se consiguen al finalizar.

Estas nuevas representaciones, según detallan los planos As-Built deben poder explicar las formas, dimensiones y ubicaciones precisas de cada uno de los elementos dentro del alcance del proyecto. Cualquier cambio que se produzca, de mayor o menor dimensión debe incluirse, acompañado de los correspondientes registros que aprueban y acreditan dichos cambios para poder llegar al final del proyecto.

Hasta los mínimos detalles deben quedar registrados, como los materiales utilizados en cualquier zona menos importante. Se realizará una breve indicación en los materiales que no se utilizaron para que quede aclarado, y que en posteriores modificaciones no sea una pérdida de tiempo tratar de realizar ciertas modificaciones o búsquedas de materiales para poder llevarlas a cabo.

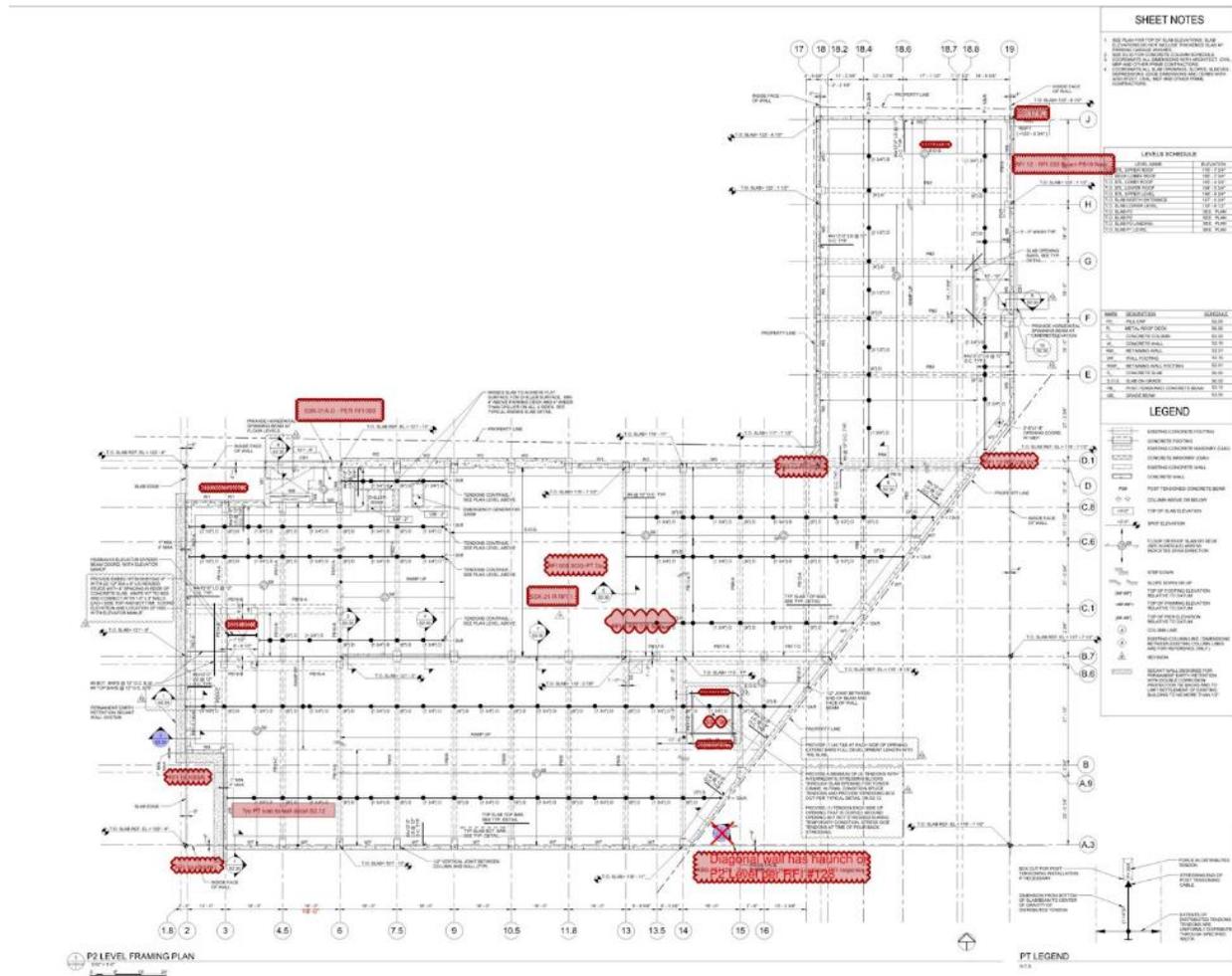


Ilustración 3.2. Ejemplo Plano As-Built

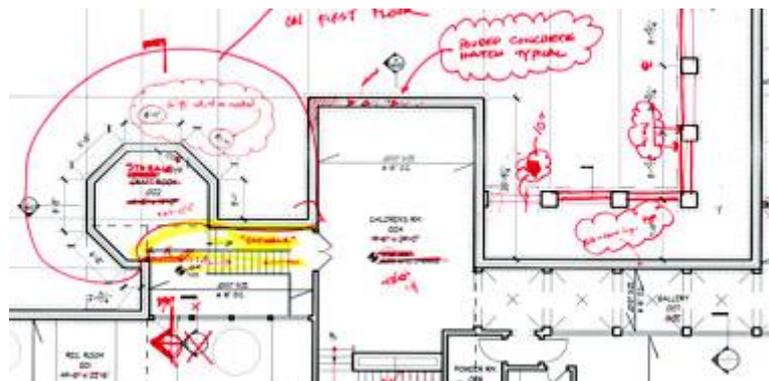


Ilustración 3.3. Ejemplo 2 Plano As-Built

### 3.2. ¿Quién es el responsable de elaborar los planos As-Built?

Como idea principal se puede creer que tanto arquitectos, diseñadores o ingenieros, que han sido los responsables de crear los planos originales debido a su cualificación, deberán de ser los encargados de generar las modificaciones oportunas. Sin embargo, por lo general, estas personas no suelen tener

una participación muy habitual en el día a día del proyecto, por lo que tampoco estarán al tanto de todos los cambios que se han hecho hasta la finalización del proyecto.

Debido a esta falta de conocimientos, se le deberá aplicar este cargo al contratista de la obra, que será el responsable de la precisión de los planos As-Built. Este cargo es coherente ya que el contratista es el responsable de la construcción real y puede documentar los cambios que ocurren en la obra día a día.

Sin embargo, estar al frente de este trabajo consta de una serie de responsabilidades que muchas personas no son capaces de valorar, ya que probablemente, a la hora de realizar la obra, las personas dedican su tiempo a observar que todos los trabajos se están llevando a cabo correctamente, sin incluir algunos de los cambios, ya que, es más común ver que es más rentable acabar las cosas bien, y a última hora, informar de las modificaciones, pero esto puede producir información errónea que no se podrá utilizar en el futuro.

En resumen, se le deberá destinar este puesto a una persona que sea capaz de plasmar en el día a día todos los cambios que se van produciendo, ya que estos actos producirán un ahorro en todos los sentidos en el futuro, aunque se pierda tiempo en ese instante.

### **3.3. ¿Cuándo empezar los planos As-Built?**

Como se ha comentado, en estos planos se deberá plasmar con cuidadosa atención todos los detalles que aparezcan, por lo que desde el momento en el que se vaya a querer cambiar una idea de este, se le podrá aplicar una modificación con su correspondiente seguimiento de principio a fin.

Si a medida que estas ideas van cambiando, se registran con la suficiente cautela de no perder información, crear estos planos no va a suponer una gran carga de tiempo o energía de los responsables, además, si en algún momento se produce algún contratiempo, será información que se agradecerá.

Por otro lado, si se consigue tener una correcta manutención de la información día a día, en la cual el proyecto pueda describir los cambios, el cliente valorará el trabajo que se está realizando, otorgándote un grado de profesionalismo que probablemente le brindará una buena imagen.

No llevar a cabo estos planos es algo típico de ver en obras de antigua construcción, y en muchos casos en obra pública a la cual no se le ha exigido llevar a cabo sus correspondientes informes, provocando grandes confusiones cuando se quiere cambiar algo o hay algún problema en el edificio.

### 3.4. ¿Por qué son importantes los planos As-Built?

El proyecto no solo consiste en la creación de los planos, y la finalización de este, a medida que va avanzando, los planos As-Built pueden ser muy útiles para los diferentes involucrados.

En el caso de los encargados de obra y contratistas, que los planos les proporcionen nueva información que desconocían les ahorrará tiempo en la comprensión de los nuevos cambios que se han realizado, lo que hará que resolver problemas se convierta en una tarea más amena.

Para los clientes y propietarios, es muy útil poder contar con el proyecto completo, ya que estos tienen un valor incalculable a la hora de querer realizar ciertas modificaciones, ya que si en algún momento se decide que la estructura no está como a ti te gustaría, realizar cambios a ciegas producirá un aumento económico y de tiempos.

Por último y no menos importante, todo edificio va a necesitar sus correspondientes mantenimientos y revisiones, que no deben de realizarse como una búsqueda por el edificio cada vez que se quiera encontrar algo. Poder contar con la situación exacta en la que se encuentra facilitará el trabajo a todos los trabajadores.

### 3.5. Estándares digitales

Como profesionales, debería de ser un objetivo tratar de agregar un valor añadido a todos los proyectos. Utilizar las nuevas tecnologías que el mercado pone a nuestro alcance, en este caso la metodología BIM, supone avances sobre los métodos tradicionales los cuales quedarán obsoletos a medida que las personas nos involucremos en el cambio y seamos capaces de ir familiarizándonos con el paso del tiempo para poder obtener los resultados más exactos que podamos encontrar.

Conocer el software adecuado entre las diferentes opciones nos brindará un manejo de los proyectos que facilitarán todos los trabajos. Usar esta metodología nos ayudará a usar diferentes funciones:

- **Control de versiones:** Ser capaces de visualizar todas las versiones que se han generado de los planos As-Built nos facilitará saber que modificaciones se han realizado a lo largo del ciclo de vida.
- **Registros de hora, fecha y ubicación:** Registrar automáticamente la fecha y la hora de todos los cambios en el plan original y registre su ubicación exacta. Eso significa que los futuros contratistas o equipos de mantenimiento pueden averiguar exactamente dónde ha ocurrido un cambio.

- **Notas detalladas:** Poder grabar notas y cambios usando aplicaciones de texto nos proporciona mayor facilidad a la hora de entender los cambios que otra persona realizó.
- **Almacenamiento en la nube:** poder contar con acceso a cualquier archivo que necesitemos, en cualquier lugar con acceso a internet, sin pérdida de la información, es otro paso que facilita la comunicación entre todas las partes implicadas en el ciclo de vida del edificio.

Aparte de las diferentes tecnologías antes nombradas, que probablemente sean aplicaciones de alcance para casi todos los usuarios que están en continuo momento trabajando con su ordenador, diferentes empresas han desarrollado nuevas técnicas de visualización que crean entornos muchos más visibles automáticamente en el ordenador una vez hecho su trabajo. Aunque su desarrollo haya sido muy costoso tanto económico como de tiempo, será de gran ayuda en el coste a largo plazo, generando muchos más beneficios. Entre estos nuevos métodos de generación de entornos podemos encontrar:

- **Escáner Laser:** un tipo de escáner de largo alcance nos permitirá generar entornos 3D en solo unos minutos solamente apretando un botón. Su proceso se basa en generar nubes de puntos a partir de la medición de distancias de los objetos que los rodea. Una vez obtenida esa información, se procesará la información a partir de diferentes softwares y obtendremos nuestro modelado BIM.



Ilustración 3.4. <https://www.scanphase.com/escaneo-edificios-completos?lightbox=dataItem-k8vtf5h9>.

- **Captura mediante Dron:** mediante la utilización de un software determinado, y una persona cualificada que controla el dron equipado con una cámara fotografía, se realizará un vuelo alrededor del edificio que nos permita captar todas las formas y

geometrías que este contenga. Con las imágenes y fotografías obtenidas, se generará un mapa de alta resolución o un modelo tridimensional a partir del cual se podrá comenzar a trabajar en sus modificaciones.

- **Cámara 360°:** se utilizará fotografía de alta resolución de 360 grados para generar una imagen virtual de un entorno. Después se podrá aplicar este modelo generado automáticamente a otra información del proyecto para conseguir una información del proyecto más completa.

## 3.6. Ejemplos de Proyectos As-Built

Este tipo de proyectos no tienen por qué tratarse de nueva construcción, como se ha comentado, hay tecnología que nos ayuda a generar datos sobre los edificios ya construidos, por lo que los planos As-Built podrán también crearse para gestionar tanto edificios nuevos como antiguos.

Sacados de la propia página de As-Built ([asbuiltdigital.com](http://asbuiltdigital.com)), nos enseñan diferentes proyectos en los que se ha llevado a cabo esta técnica para su correspondiente gestión.

### 3.6.1. Museo de Rotorua

Como una pequeña introducción sacada de Wikipedia, podemos decir que el Museo de Rotorua Te Whare Taonga o Te Arawa es un museo y galería de arte localizado en los Government Gardens cerca del centro de Rotorua, Bay of Plenty, en la Isla Norte de Nueva Zelanda.

El museo es albergado en la que fue la Casa de Baño la cual abrió en 1908 y es conocida como la primera gran inversión del gobierno en la industria del turismo de Nueva Zelanda.

La empresa se comprometió como parte del proceso de investigación, pruebas destructivas y análisis del museo para determinar la condición del edificio, en detalle, y los daños sufridos durante el terremoto. Se utilizó la tecnología de escaneo 3D HD para evaluar y asistir en el análisis de la integridad estructural del museo. A través de la captura de datos de la nube de puntos de As-Built y la creación de un modelo digital altamente detallado del museo, los ingenieros estructurales pudieron tomar decisiones mejor informadas y planificar su metodología para salvar el edificio.

A su vez, el museo obtuvo un importante registro de esta estructura emblemática. Algunas partes, como Rotorua Bath House, datan de 1908.



Ilustración 3.5. [https://es.wikipedia.org/wiki/Museo\\_de\\_Rotorua](https://es.wikipedia.org/wiki/Museo_de_Rotorua)



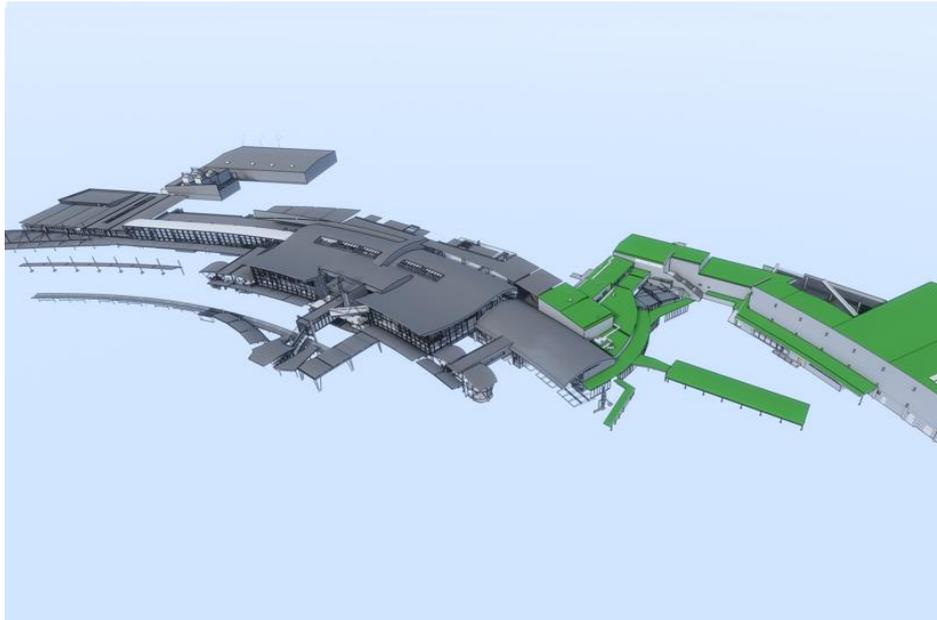
Ilustración 3.6. Modelo 3D obtenido.



Ilustración 3.7. Secciones 3D Obtenidas del modelo.

### 3.6.2. Aeropuerto Internacional de Auckland

El principal objetivo que se quería conseguir al comenzar este proyecto de obra era la vinculación a un único ecosistema espacial. Como parte del nuevo plan de desarrollo que se quería llevar a cabo en el aeropuerto, en el cual se incluían dos nuevas terminales y una nueva pista de aterrizaje, la empresa se encargó de generar el modelo para gestionar toda la información a lo largo del proyecto.

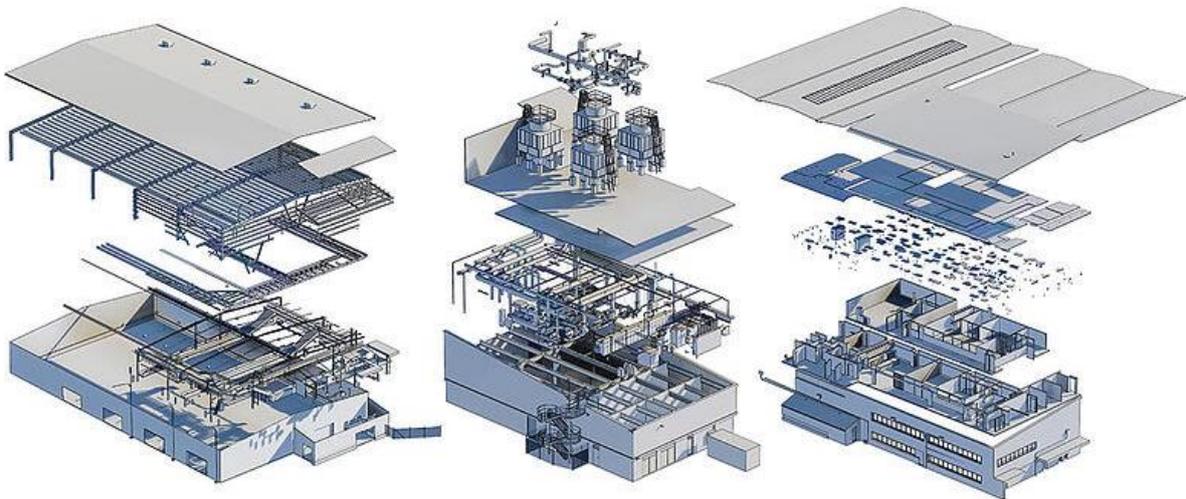


*Ilustración 3.8. Modelo generado por As-built del nuevo proyecto.*

Desde la propia página de As-Built se sacan ciertas declaraciones de los trabajadores que explican en que se basó su trabajo:

*“Nuestra tarea consistía en digitalizar un marco total sobre todo el aeropuerto mediante el establecimiento de marcas de control topográfico. El objetivo era hacer que los datos topográficos fueran accesibles para todos y habilitar un sistema de referencia común que los ingenieros, topógrafos y planificadores pudieran utilizar para crear modelos digitales y activar planes de expansión en el futuro.”*

Esta red de modelos ha permitido unir, vincular y referenciar con precisión toda la información espacial en un sistema espacial común. Ha reducido el riesgo y los costos, y ha proporcionado una mayor certeza de la construcción espacial y la información topográfica.



*Ilustración 3.9. Explosionado del nuevo Terminal.*

En estos dos ejemplos vistos anteriormente, de los muchos que se pueden encontrar en esta misma página, explican claramente la importancia que tiene hoy día la obtención de estos modelos.

Dos edificios que al comienzo de su primer proyecto de construcción se realizaron por el método tradicional, al menos en el aeropuerto, ya que en un edificio de 1908 seguramente haya perdido gran parte de información, gracias a los nuevos avances que se han explicado en este punto, se consiguió llegar al mismo nivel tecnológico que un proyecto de nueva construcción, en el cual se podrá gestionar toda la información necesaria a partir de un único archivo.

## 4. Open BIM

El avance de la comunicación a través de la tecnología nos proporciona infinitas nuevas soluciones, pero esto también puede crear dudas entre las personas que tratan de sacar al mercado su producto.

Como es evidente, cualquier producto quiere que su trabajo se desarrolle con éxito, pero con la nueva aparición de diferentes formatos de archivos, probablemente sea difícil adaptarse a los cambios. Debido a esto, hablando en términos de la metodología BIM, ¿qué será más eficaz en el futuro, mantenerse en la zona de confort de los archivos con los que estamos acostumbrados a trabajar, los conocidos como closed BIM, o este nuevo tipo de formato llamado Open BIM?

En primer lugar, debemos explicar sobre qué trata el Open BIM, y en qué consiste. Es un proceso multidisciplinar, en el que, a partir de un archivo, podemos enviarlo a otros softwares mediante un formato de archivo abierto como IFC, COBie<sup>12</sup>, CityGML<sup>13</sup>, gbXML<sup>14</sup>, sin provocar ninguna pérdida de información, y donde podemos trabajar con diferentes objetivos en cada software.

Open BIM trata de ampliar los beneficios que nos proporcionaba BIM, mejorando la comunicación, accesibilidad, la gestión y la comunicación entre los diferentes sectores o partes que trabajan en el proyecto.

Como explicación principal, se podría considerar un proceso de colaboración neutral y fluida, es decir, no exige a ningún proveedor o cliente disponer de un software determinado para poder gestionar o modificar la información necesaria para seguir adelante con el proyecto.

Open BIM permite despegarse de métodos anticuados que generaban grandes pérdidas económicas y de tiempo debido a la falta de comunicación. Las empresas que se centran en un enfoque Open BIM presentan mejores resultados gracias al rendimiento que se produce en la gestión de problemas entre las diferentes partes.

---

<sup>12</sup> COBie: acrónimo del inglés Construction-Operations Building Information Exchange (intercambio de información una vez finalizada la etapa de construcción y comienza la fase de operación y mantenimiento).

<sup>13</sup> CityGML: modelo de información común para la representación de conjuntos de objetos urbanos en 3D.

<sup>14</sup> gbXML: acrónimo del inglés: Green Building XML

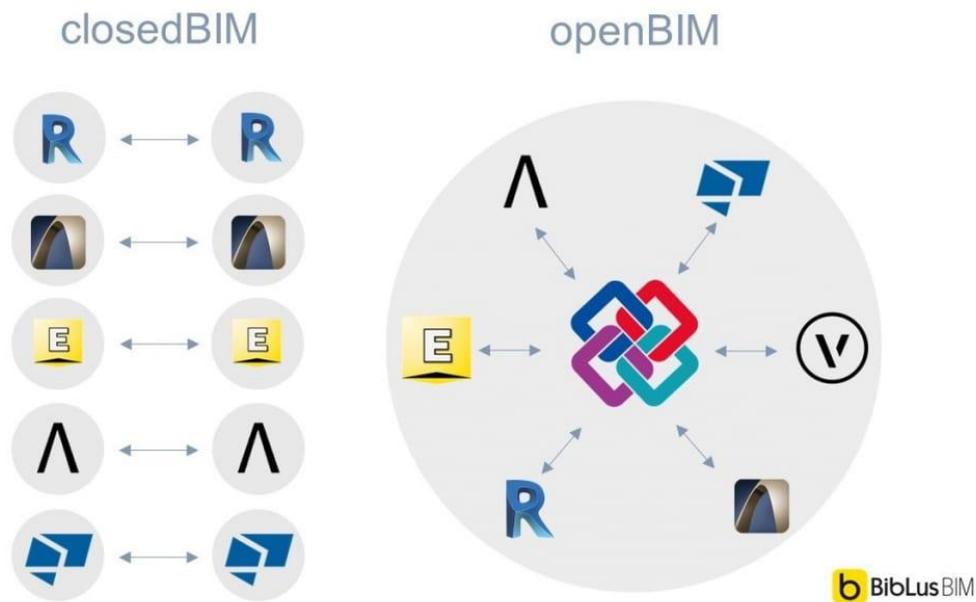


Ilustración 4.1. Esquema Open BIM

## 4.1. ¿Qué es un formato de datos abiertos?

Como señala el Open Data Handbook:

*“Un formato abierto es aquel donde las especificaciones del software están disponibles para cualquier persona, de forma gratuita, así cualquiera puede usar dichas especificaciones en su propio software sin ninguna limitación en su reutilización que fuere impuesta por derechos de propiedad intelectual.”*

*“Si el formato del archivo es ‘cerrado’, esto puede ser debido a que el formato es propietario y sus especificaciones no están disponibles públicamente, o porque el formato es propietario y aunque las especificaciones se han hecho públicas, su reutilización es limitada.”*

Es decir, facilitar a todos los usuarios que estén en contacto con tu proyecto, una forma de trabajo, la cual no les haga salirse del método al que están acostumbrados. Aparte del desembolso económico que podría producirse con la obtención de un software predeterminado, produce que todos los trabajadores trabajen sobre un ambiente conocido y con toda la información que ha generado otra persona en otro software.

## 4.2. Ventajas y desventajas entre openBIM ® y closed BIM

Como se ha ido comentando a lo largo del punto, la principal ventaja de Open BIM es la accesibilidad de los diferentes usuarios a los archivos generados por otra persona sin la necesidad de utilizar el

mismo software, pero aparte de eso, se expondrán una serie de desventajas que describirán el formato closed BIM:

- Estarás obligado a usar necesariamente el software con el que se crearon los datos, ya sea para leerlos o gestionarlos a lo largo del tiempo, algo que producirá un gasto económico que probablemente no puedas permitirte, y que te obligará a usar dicho software, aunque en el mercado se encuentre alguno con mejores características para ese proceso. Además, deberás de estar pendiente de las diferentes actualizaciones que se produzcan en dicho programa, ya que llegará a una actualización, la cual no sea compatible con tu trabajo, por lo que, o no serás capaz a gestionar esa información en un futuro, o tendrás que obtener el nuevo software.
- Por otra parte, probablemente se hayan realizado cambios en tu trabajo, que, si no se te notifican con su correspondiente información, cuando se necesite tu ayuda para modificar tu parte, no seas capaz de procesar la información y se pierda una gran cantidad de tiempo. Estos cambios imprevistos pueden llegar a la conclusión de que al final ese trabajo realizado no ha sido tuyo, y que otra persona ha sido la encargada de realizarlo, sin embargo, si se hiciese con la metodología Open BIM, tu serías el dueño de tu propio archivo, y podrías modificarlo con los datos que otros te ofrecen.

## 5. Formato de intercambio IFC

Como una pequeña introducción sobre el origen de este sistema, debemos tener en cuenta el desarrollo que se estaba llevando a cabo durante los años 90 en el sector de la industria controlado por software.

Debido a esto, en 1994, un consorcio industrial creó un nuevo código informático (clases C++<sup>15</sup>) que garantizase el desarrollo de aplicaciones integradas.

Doce compañías estadounidenses se agruparon para formar el llamado “IAI<sup>16</sup>” en 1995, el cual fue abierto a todos aquellos que quisiesen unirse a esta nueva tecnología. Esta nueva alianza se formó como una organización sin ánimo de lucro, con el principal objetivo de desarrollar y promover la Industry Foundation Classes (IFC).

Desde 2005, la organización realiza sus propias actividades a través de BuildingSmart, el cual busca el correcto desarrollo de las herramientas y formaciones que se pueden llevar a cabo en el amplio uso del BIM



*Ilustración 5.1. Logo BuildingSmart*

Esta fue una de las herramientas que se han utilizado durante este proyecto para su correcto desarrollo a la hora de introducir información desde otros sectores. En este caso, el archivo de la sala de calderas que se sitúa en el exterior del edificio y que ha sido generado y facilitado por la Universidad de Oviedo, se explicará el sistema de intercambio de información IFC.

Para el correcto intercambio de información entre los diferentes softwares que usan BIM, es necesario un soporte o ayuda que nos permita realizarlo sin inconvenientes, siendo este el principal objetivo del IFC. IFC es un formato de archivo abierto y neutral, capaz de satisfacer varias necesidades, encontrando diferentes soluciones en el sector de la construcción a través de información creada por más de 600 clases que definen dicho intercambio.

Todos los datos que se introducen en el proyecto, tanto al comienzo como tras su finalización y futuras modificaciones, quedan almacenadas en este tipo de archivo, pudiendo ser utilizados en cualquier

---

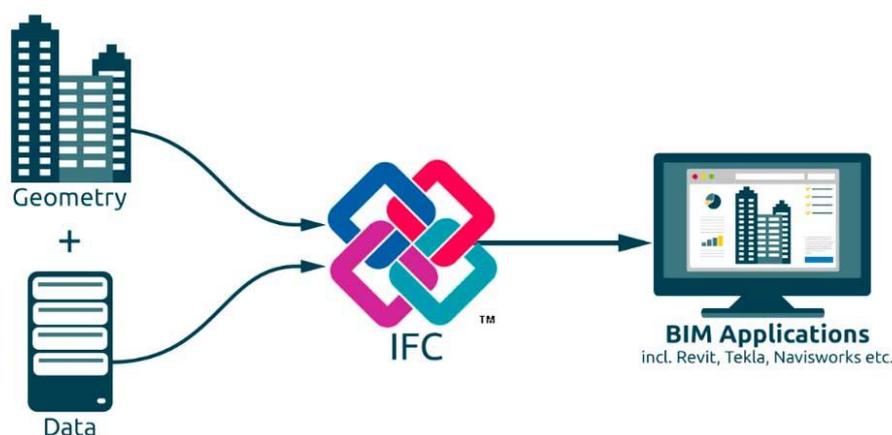
<sup>15</sup> C++: datos de distinto tipo que sirven para describir el estado actual de un objeto de esa clase.

<sup>16</sup> IAI: acrónimo del inglés International Alliance for Interoperability (o Alianza Internacional por la Interoperabilidad)

momento, y transfiriendo todas las características espaciales y geométricas utilizadas entre los diferentes softwares que se han utilizado a lo largo del proyecto.

En la actualidad, el uso del IFC se lleva a cabo cada vez de manera más fluida, pero aun con el gran uso que se le puede dar a esta tecnología por parte de los diferentes sectores de la industria, este método de traspaso de la información sigue teniendo ciertas dificultades a la hora de interpretar ciertos datos entre los diferentes softwares, algo que supone una pérdida de información que puede ser clave a la larga.

Sin embargo, aun con los inconvenientes que podemos encontrar en ciertos casos, este método es un gran avance en comparación con los tradicionales, ya que nos brindará una mejor gestión de los datos traspassados entre las diferentes partes del proyecto involucradas.



*Ilustración 5.2. Base Trabajo IFC.*

Debida a la gran irrupción que están teniendo los proyectos BIM durante estos últimos años, la necesidad o el interés de ciertos sectores ha provocado que se esté convirtiendo en un tema recurrente en el sector de la construcción. Aparecen infinidad de defensores que aseguran que es necesario que exista un estándar de este tipo para una correcta comunicación entre las herramientas BIM, y que coinciden en que una correcta evolución de este método debe ser el camino a seguir para tratar de solventar las debilidades que se producen en la actualidad, y poder sacar el mayor partido a una de las técnicas que nos ayudarán tanto en la fase de diseño como en la de construcción.

Debido a esto numerosas soluciones han sido desarrolladas para trabajar con este tipo de archivos. Además de los diferentes softwares que trabajaban con ellos, se han creado diferentes visores online que nos permitirán obtener una visualización general de nuestro proyecto sin perder nada de información, y en la cual no tendremos que descargar ningún software y en alguno de los casos ni registrarnos para utilizarlos.

Como se ha comentado, que muchas personas estén interesadas en este método de información va a generar infinidad de mejorar a lo largo de los años, las cuales irán eliminando con el tiempo los problemas de pérdidas de información, un aumento de la calidad de los proyectos, reducción de costes y una mejor gestión de la información.

## 5.1. Cómo funciona el formato IFC

Debido a la inexperiencia en la que se encontraba en este tema, se trató de buscar información por diferentes páginas webs. En todas ellas trataban de dar una explicación de cuál era su funcionamiento, pero la siguiente información fue sacada de una página de “BibLus” (<https://biblus.accasoftware.com/es/formato-ifc-y-open-bim-todo-aquello-que-se-debe-saber/>), la cual se consideró la más completa y con la que se llegó a un mayor entendimiento del proceso.

El esquema IFC es capaz de definir elementos de edificios, productos prefabricados, sistemas mecánicos/eléctricos, e incluso los modelos más abstractos para el análisis estructural y energético, la subdivisión de costos, la programación de trabajos y mucho más. El esquema IFC define la clase de objetos y la relación entre ellos.

Pasando a una mirada técnica, podemos decir que las clases están diseñadas para describir los componentes de un edificio: sistemas, espacios, áreas, elementos estructurales, mobiliario. Se incluyen también las propiedades específicas de cada objeto, tales como: posición, forma, características físicas y mecánica, conexiones con otros objetos, rendimiento energético, seguridad, coste, solicitud de mantenimiento.

El formato IFC es un modelo de datos estandarizado que describe:

- **Identidad y semántica:** objeto, nombre, funciones
- **Características:** materiales, colores, propiedades
- **Relaciones entre:**
  - Objetos (por ej. muros, forjados, ventanas)
  - Conceptos abstractos (por ej. performance, costing)
  - Procesos (por ej. instalación, montaje)
  - Personas (por ej. propietarios, diseñadores, contratistas, mánager).

El IFC define también las relaciones entre los elementos constructivos y, por ende:

- Las relaciones que describen cómo los componentes constructivos forman parte de los edificios
- Las relaciones que definen la configuración espacial, por ejemplo, como el sitio está compuesto por edificios, niveles, espacios y como los espacios se reúnen en zonas funcionales
- Otras relaciones que conectan la posición de los elementos en sistema, útiles para la gestión y el mantenimiento.

El mismo esquema IFC puede ser expresado en varios formatos de archivo, normalmente en STEP como IFC-SPF o también como XML o un archivo ZIP.

- **IFC-SPF** es un formato de texto en el lenguaje de modelado de datos express. Tiene dimensiones compactas y es el formato IFC más utilizado.
- **IFC-XML** es un formato en el lenguaje de markup extensible, XML. Si bien el XML es un léxico de programación más común, el IFC-XML tiene una dimensión de archivo más grande respecto al IFC-SPF y es menos usado
- **IFC-ZIP** es un formato incluido en ZIP del archivo IFC-SPF. Un archivo ifcZIP normalmente comprime un .ifc del 60-80 % y un .ifcXML del 90-95 %.

## 5.2. Versiones IFC

Como todo software que va ganando importancia y al cual se le quieren ir añadiendo nuevas herramientas que ayuden a su correcto funcionamiento, se han ido desarrollando nuevas versiones que contienen diferentes actualizaciones en las que se corrigen antiguos fallos y se incorporan nuevas mejoras. En la siguiente figura se pueden observar las diferentes fases por las que ha pasado el IFC desde sus comienzos en 1996 hasta el día de hoy, al cual se le reserva un espacio para ser la nueva revolución durante los futuros años gracias a las ideas que se están desarrollando.

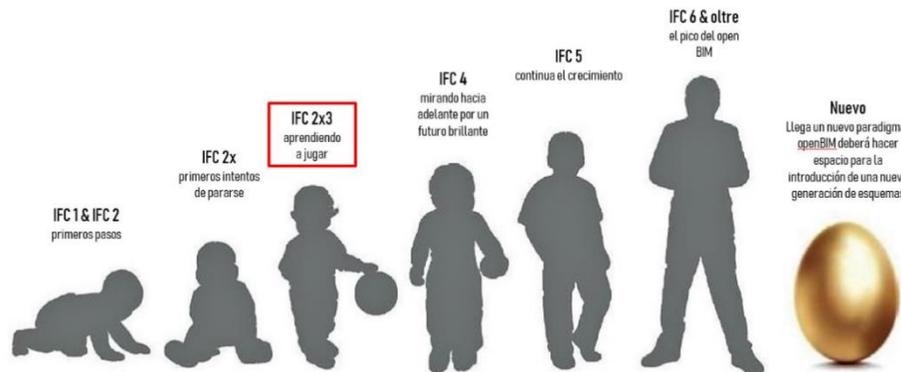


Ilustración 5.3. Ciclo de vida IFC.

Otra de las características importantes que debemos de tener en cuenta a la hora de utilizar las diferentes versiones de IFC, es que debemos estar familiarizados con el entorno y ser capaces de entender cuál es la herramienta que debemos de utilizar, ya que las diferentes actualizaciones utilizan diferentes herramientas que nos ayudaran en unos u otros ámbitos.

Desde la primera versión en 1996 ha habido diferentes lanzamientos, entre los principales podemos encontrar: IFC1.5.1, IFC2.0, IFC2x (la x es la abreviatura de 'extensión'), IFC2x2 (la segunda extensión de IFC2), IFC2x3 (la tercera extensión de IFC2) e IFC4 (conocido formalmente como IFC2x4) en 2013.

Entre las diferentes actualizaciones y características que contiene cada una, se puede definir cada una para un trabajo diferente como ya se ha comentado. Hablando de la última actualización que se ha realizado, el IFC4, con la cual se realizaron mejoras, como la extensión en el soporte para geometrías y parámetros, instalaciones e incluyendo un tipo de formato diferente, el XML<sup>17</sup> se utiliza para el intercambio de datos estructurados. Más que un formato de archivos rígido, XML es un lenguaje que define los formatos aceptados que pueden utilizar los grupos para intercambiar información), pero, viendo las características de la versión IFC2x3 podemos observar una mejor calidad en la transferencia de datos en los sistemas BIM.

Haciendo una mención a algunas de las versiones que han aparecido, se destacaran cuáles son las principales características que contiene cada una para ver en qué ámbitos podían utilizarse.

<sup>17</sup> XML: acrónimo del inglés Extensible Markup Language. Lenguaje de marcado que define un conjunto de reglas para la codificación de documentos.

### **IFC2x (2.1.0.0)**

La versión inicial de IFC2x se publicó en noviembre de 2000 como la primera versión de la plataforma IFC. Introdujo el concepto de un modelo central y extensiones de dominio. Fue el primer lanzamiento de IFC que obtuvo una base de implementación más amplia y las implementaciones se certificaron utilizando un programa de certificación anterior.

### **IFC2x3 (2.3.0.0)**

El lanzamiento de IFC2x3 se publicó en febrero de 2006 como sucesor de IFC2x2. Pronto se estableció como la versión de exportación certificada por defecto de las implementaciones de IFC, Añadiendo diferentes procesos de implementación anteriores de IFC2x e IFC2x2. IFC2x3 fue principalmente una versión de mejora de la calidad que no agregó alcance, sino pequeñas mejoras al IFC2x2.

### **IFC2x3 TC1 (2.3.0.1)**

Desde julio de 2007, la versión IFC2x (como todas las versiones anteriores de IFC) fue reemplazada por el IFC2x3 y se recomendó descargar y utilizar IFC2x3 a partir de ahora.

El propósito de esta actualización fue corregir varios problemas técnicos menores conocidos encontrados desde el lanzamiento de la especificación IFC2x y para mejorar la documentación en general.

### **IFC4 (4.0.0.0)**

A partir de esta actualización se han llevado a cabo mejoras durante los años hasta el día de hoy siendo este la base de todas ellas, pero como características principales que podemos encontrar de este software encontramos:

- Capacidad mejorada de la especificación IFC en sus principales elementos arquitectónicos, de servicios de construcción y estructurales con nuevas características geométricas, paramétricas y de otro tipo.
- Mejora en los flujos de trabajo BIM nuevos, incluidos intercambios de modelos 4D y 5D, bibliotecas de productos, interoperabilidad BIM a GIS, simulaciones térmicas mejoradas y evaluaciones de sostenibilidad.
- Vinculación de todas las definiciones de propiedades IFC al diccionario de datos buildingSMART.

- Mejora de la legibilidad y la facilidad de acceso a la documentación con numerosos conceptos de implementación y ejemplos totalmente vinculados.
- Integración de la nueva tecnología mvdXML y permite una fácil definición de los servicios de validación de datos para envíos de datos IFC4.
- Permite la extensión de IFC a la infraestructura y otras partes del entorno de construcción.

### **IFC5:**

Esta actualización todavía se encuentra en la fase de planificación inicial, pero dentro de sus nuevas incorporaciones se prevé la expansión de las áreas paramétricas para su utilización en todas las disciplinas, y un área para infraestructuras.

## **5.3. Ventajas e Inconvenientes IFC**

A lo largo de este punto se han relatado algunas de las múltiples ventajas que nos brinda el formato IFC, pero como también se ha comentado, es una tecnología en desarrollo, que hoy en día todavía tiene muchos inconvenientes que se deben resolver.

Entre los principales problemas que se encuentra el usuario a la hora de comenzar a trabajar con este formato, en general son:

- La principal limitación que se presenta al trabajar con el formato IFC es al exportar el modelo, por ejemplo, si tenemos un modelo en Revit y queremos importarlo a ArchiCad, el proceso de importación puede perder información del modelo. La pérdida de esta información en los formatos IFC dificulta su difusión.
- Otro problema que presenta este formato es que los formatos IFC en gran medida no son editables. Cuando la información se envía a otro programa, el destinatario puede leer todos los datos del archivo, pero la información no se puede modificar, ya que se requiere la referencia del programa fuente para aplicar estas modificaciones.
- Además, trabajar con el formato IFC necesita el conocimiento de ciertos aspectos para la correcta importación/exportación, y los usuarios actualmente no conocen los conceptos necesarios para trabajar con el formato de archivo de software abierto.

Aun con estos problemas que surgen a la hora de comenzar a familiarizarse con el IFC, las ventajas que nos aporta superan con creces a estos inconvenientes, ya que:

- 
- La ventaja principal que ofrece el formato IFC es la colaboración entre las diferentes personas involucradas en el proceso de diseño o construcción, permitiendo el intercambio de información a través de un formato estándar y sin involucrar programas específicos.
  - En relación con lo anterior, que no dependa de un software específico ayuda a las administraciones públicas a no infringir el principio de neutralidad tecnológica, por lo que este formato sería el más adecuado para las licitaciones públicas.
  - Se debe mencionar la conservación de archivos a largo plazo. Esto significa que pasen 5, 10 o 15 años, podremos seguir utilizando estos archivos para sus correspondientes revisiones o modificaciones, ya que hay que recordar, que ciertos programas como Revit o ArchiCad, tienen versiones de incompatibilidad con sus versiones posteriores del mismo programa.

## 6. Instalaciones en Revit

Dentro de la serie de programas que se van a utilizar a lo largo de este proyecto, Revit será el que más tiempo utilizaremos durante toda la planificación.

En el pasado, los diferentes sectores dentro del software de Revit estaban separados dependiendo de la fase del proyecto en la que se fuese a trabajar, ya fuese arquitectura, fontanería o eléctrico. Sin embargo, hoy en día, podemos encontrar todas estas características en el propio Revit, dentro de la sección Revit MEP, encargado de facilitar la creación de proyectos, en el sector que sus propias siglas indican:

- Mecánico (Sistemas de ventilación y climatización, protección contra incendios)
- Eléctrico (Iluminación, Alta-Baja Tensión,)
- Plomería (suministro de agua y drenaje)

La principal característica de este software es la creación de sistemas e instalaciones involucradas en diferentes disciplinas dentro del sector de la construcción. Como va a ser importante durante todo el trabajo, se hablará de la metodología BIM, la que nos permitirá una correcta colaboración y coordinación entre los implicados para mantener el mayor rendimiento posible.

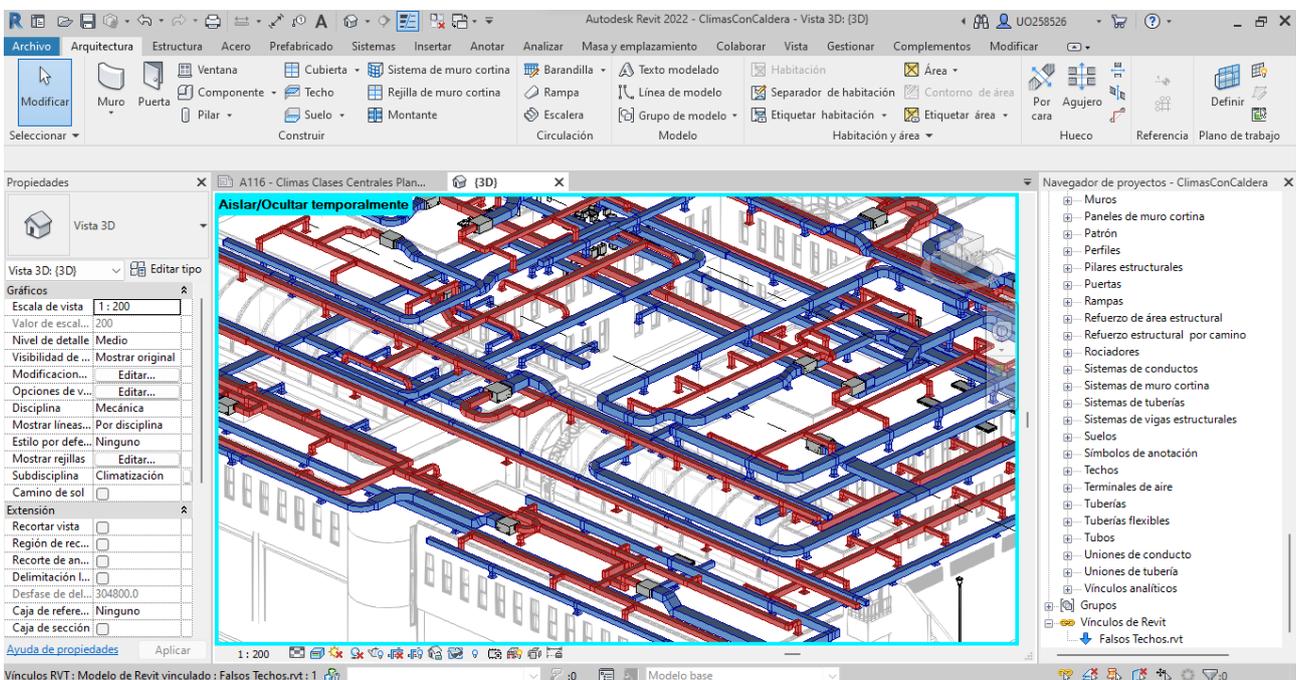


Ilustración 6.1. Captura de Pantalla del Modelo Generado.

Revit MEP nos permitirá generar instalaciones de cualquier tipo, entre las cuales podremos encontrar, instalaciones hidráulicas, sanitarias o eléctricas. Dentro de este software, para la correcta optimización del modelo, contará con diferentes herramientas que nos facilitarán diferentes datos a analizar, como el rendimiento, el cálculo de presiones o el flujo que puede haber en la instalación a partir de los parámetros que nosotros le introduzcamos.

## 6.1. Principales Ventajas de Revit MEP

Dentro de las muchas ventajas que podemos encontrar en el programa, y que a medida que se va avanzando se encuentran nuevas herramientas que te ayudarán a corregir o mejorar tu trabajo, las principales ventajas que se suelen explicar son:

### 6.1.1. Visión 3D

En primer lugar, y la idea más destacable, es el diseño de instalaciones en formato tridimensional. Poder contar con otro medio de visualización, evitando la metodología de diseño 2D, provoca un mejor control sobre las instalaciones ya que nos permite observar en todo momento que comportamiento están siguiendo los conductos o tuberías.

En ocasiones trazar líneas en un plano puede resultar mucho más fácil, pero a la hora de realizar diferentes alturas, la comprensión del plano se puede complicar, por lo que una vista 3D ayuda a la comprensión del modelo.

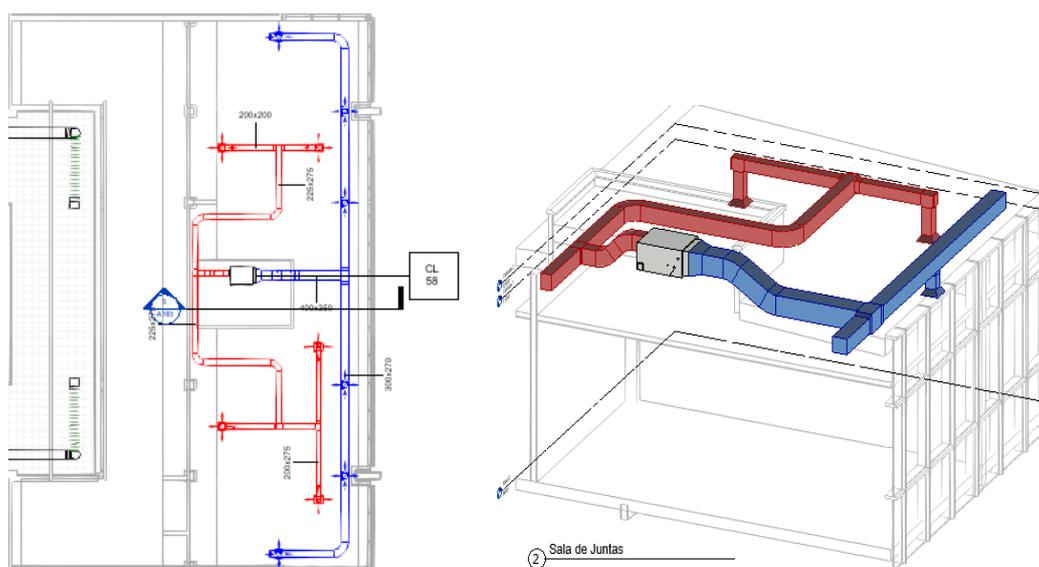


Ilustración 6.2. Comparación Plano vs Modelo 3D obtenidos

## 6.1.2. Familias Revit

Otra de las facilidades principales que nos brinda este software es la clasificación de elementos por sistemas, es decir Revit MEP nos permite agrupar todos los elementos que componen un sistema determinado para una función, y dependiendo de las características que nosotros le apliquemos, este utilizará los parámetros que le dimos para calcular diferentes posibilidades.

El ejemplo más visible que podemos encontrar con esta herramienta sería explicar el sistema de conductos de aire, en el que los sistemas podrían clasificarse por suministro de aire de impulsión, aire de vaciado o aire de retorno entre otros, o en otro ejemplo, una red de tuberías puede clasificarse como aguas de sanitarios, protección contra incendios o saneamientos. Aparte de las clasificaciones que se generan automáticamente con esta plantilla, Revit nos permitirá generar nuevas familias con las características que nosotros deseamos.

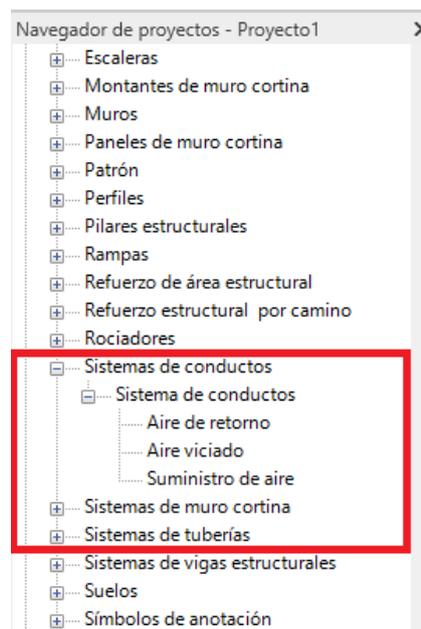


Ilustración 6.3. Conjunto de Sistemas Generados por Revit

## 6.1.3. Inspecciones de Sistema

Pero probablemente, la herramienta que nos será más útil a la hora de querer observar si nuestro sistema es adecuado o es capaz de funcionar, será el control de flujos y presiones a lo largo de todo el sistema.

Mediante la herramienta “inspección de sistema”, al pulsar sobre el un conducto del sistema, el programa nos ofrecerá una serie de datos que podremos comparar con las especificaciones que nosotros le quisiésemos aplicar al sistema.

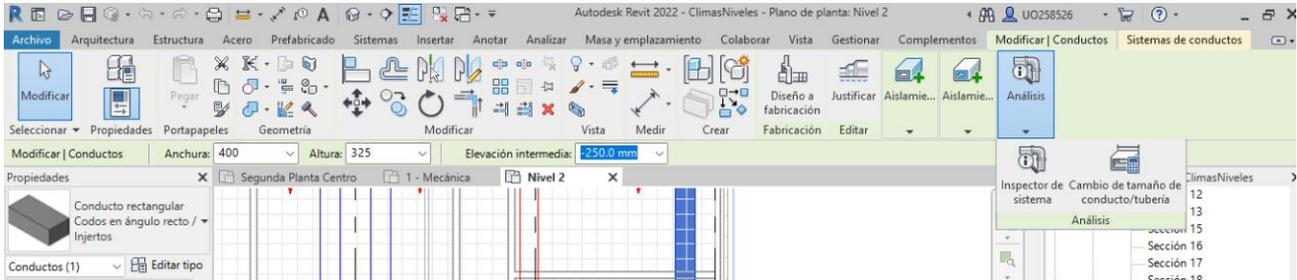


Ilustración 6.4. Selección Herramienta Inspección de Sistema.

Dentro de los datos que nos ofrece, podemos encontrar, la dirección del flujo, la cual nos indicará si el recorrido que sigue el aire a través de los diferentes conductos y rejillas de ventilación es el deseado para ese sistema. El total del flujo que transcurre a lo largo de la tubería también aparecerá indicando su valor numérico, acompañado de la presión y la pérdida de carga que se produce en el sistema.

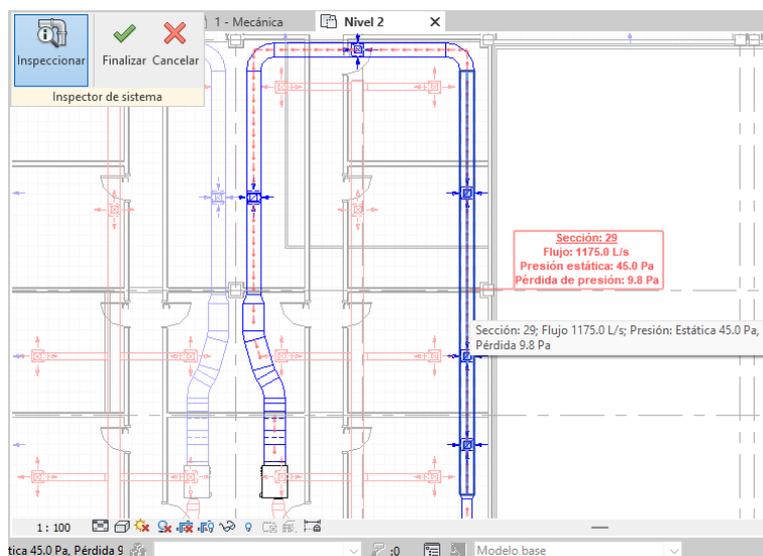


Ilustración 6.5. Ejemplo inspección de Sistema del modelo.

Dentro de estos últimos valores, se debería de realizar un examen más profundo para comprobar que tanto el climatizador como las tuberías son capaces de soportarlos, o comparar si los valores obtenidos pueden asemejarse a los que nuestro edificio necesita.

## 6.1.4. Creación de Conductos

A la hora de generar el modelo, Revit MEP nos ofrece diferentes formas de crear los sistemas.

Existe el método manual, en el cual, si se quiere unir una rejilla de ventilación con una tubería principal, podremos unirlo con el ratón pulsando sobre la propia rendija y seleccionando el punto donde queremos que se una con el conducto principal. Aunque se pueda considerar un método manual, aunque las rendijas y el conducto se encuentren a diferentes alturas, si nuestra idea es unirlos, Revit generará automáticamente un desnivel que permitirá que ambos elementos se unan.

Por otra parte, para aligerar el tiempo de conexión de las salidas y entradas de aire con sus correspondientes conductos, podemos seleccionar dos herramientas muy útiles que Revit nos ofrece:

La primera herramienta, que puede ser más básica, consiste en la conexión automática de una rejilla a un conducto. Usted solo deberá pulsar en el difusor, ejecutar la herramienta “Conectar a” y pulsar sobre el conducto deseado. Revit generará la unión que él considere más conveniente para su correcto modelado, pero se podrá editar a su gusto para que siga la forma deseada.

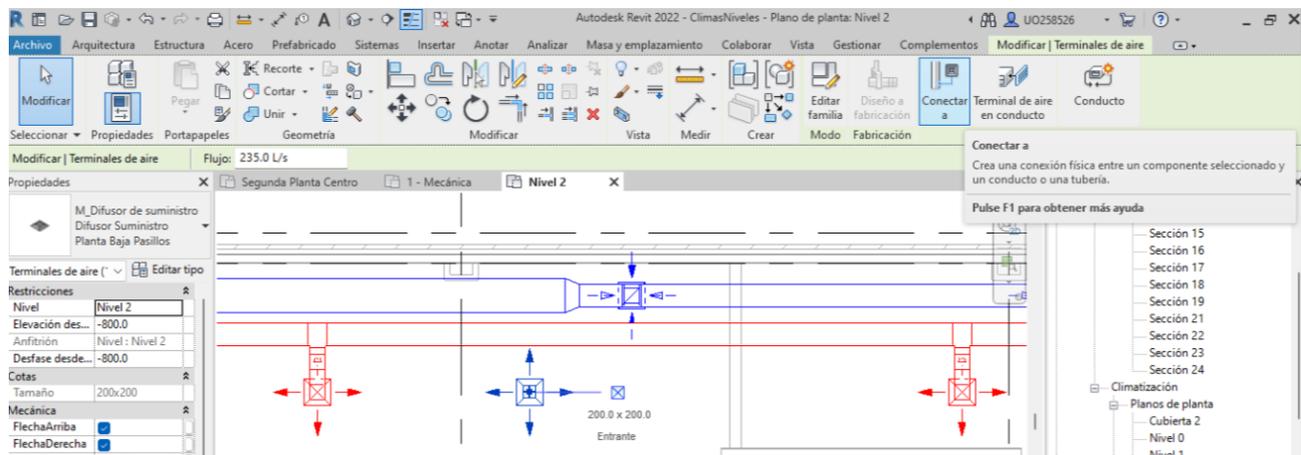


Ilustración 6.6. Ejecución “Conectar a”

Aparte de este método, Revit ofrece otro método que permite crear un conjunto de todos los elementos que componen el sistema, y generar automáticamente los diferentes caminos que él considera más apropiados o fáciles de generar para los conductos. Lo único que debemos hacer es seleccionar todos los difusores y el climatizador y usar la herramienta “Conducto”.

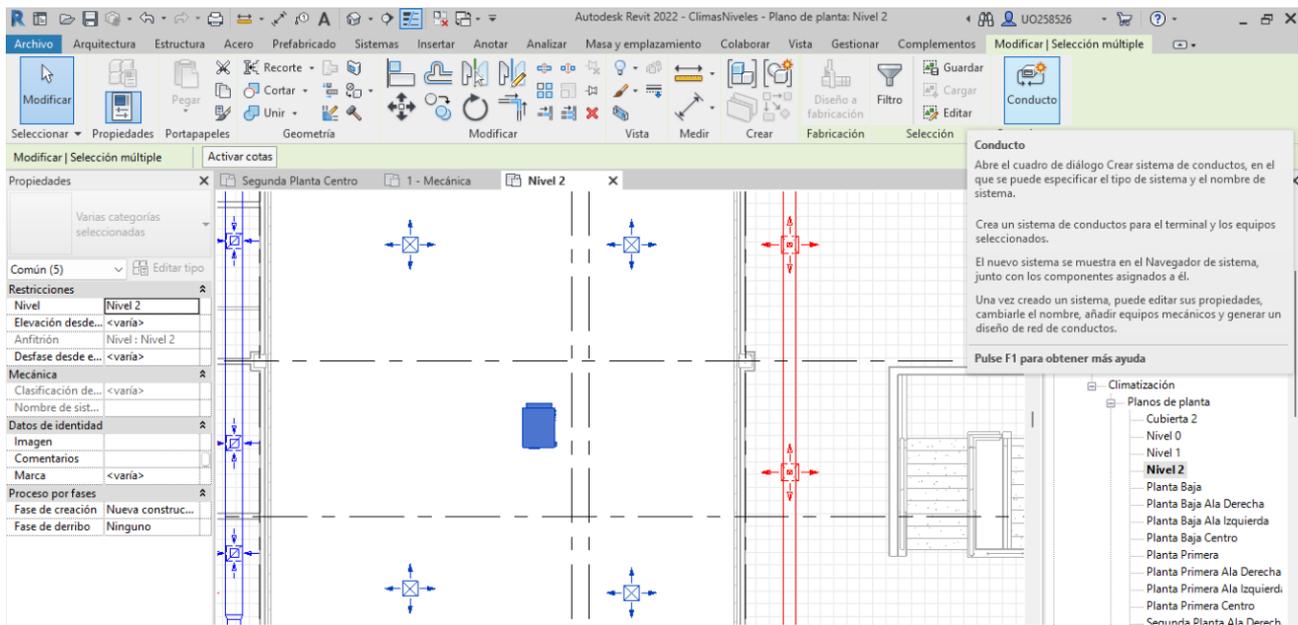


Ilustración 6.7. Primer paso generación automática conductos.

Una vez realizado el paso anterior, Revit desplegará una ventana en la que dejará seleccionar que tipo de sistema deseamos, y el nombre que utilizará este a lo largo de todo el proyecto. Más adelante esta opción nos permitirá seleccionar cada sistema solamente buscándolo en las diferentes familias, para tener a todos los climatizadores controlados en todo momento.

Después se deberá seleccionar “Generar Diseño”, y Revit entrará en un nuevo entorno de trabajo, en el que como podemos ver en la siguiente captura de pantalla a partir de las flechas que aparecen en la herramienta “Tipo de solución” se podrá escoger entre varias opciones. En este nuevo entorno, podremos seleccionar diferentes soluciones que se generan automáticamente para ver que caminos nos parecen más aceptables.

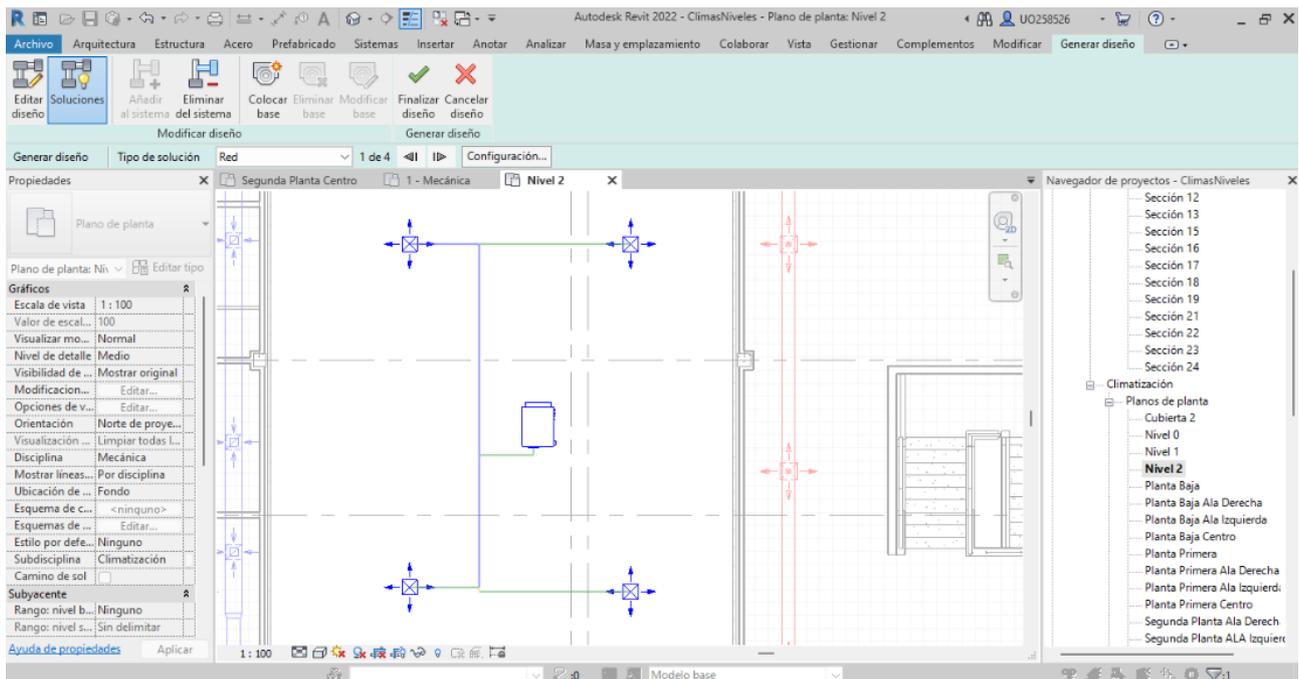


Ilustración 6.8. Entorno “Generar Diseño”

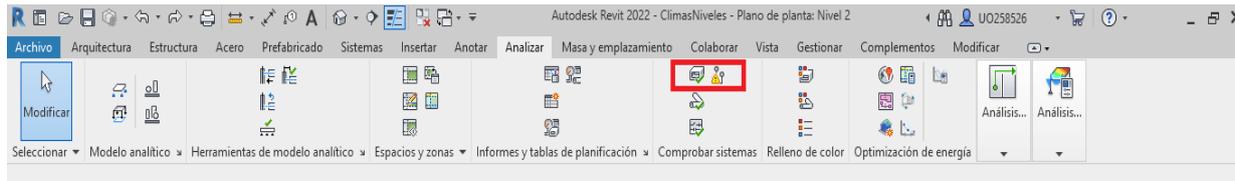
Una vez que se ha elegido la solución, mediante la casilla “Editar Diseño”, podremos desplazar los caminos hacia otros lugares por si el generado por Revit no era del todo de nuestro gusto. Por otra parte, estos conductos deben ir por una zona específica del edificio, por lo que también se permitirá modificar la altura a la que se encuentren estos conductos diferenciando cada una de sus secciones.

### 6.1.5. Comprobación de Sistemas

Dentro de las herramientas que evalúan el estado de los circuitos que hemos creado, pero sin utilizar la herramienta “Inspeccionar Sistema”, encontramos otras dos que también nos ayudan a detectar errores.

Dentro de los módulos que tenemos en Revit, exactamente en el módulo “Analizar”, podremos encontrar un apartado llamado “Comprobar Sistemas”. En el tendremos diferentes herramientas para analizar el sistema dependiendo de cuál sea el utilizado.

En nuestro caso utilizaremos las herramientas “Comprobar sistema de Conductos” y “Mostrar desconexiones”.



*Ilustración 6.9. “Comprobar sistema de Conductos” y “Mostrar desconexiones”.*

En el primero de ellos, Revit nos informara mediante una señal de advertencia que, en un determinado sistema, alguno de los elementos que lo componen, no están realizando la función que se le asignó, es decir, si algún elemento de suministro de aire se encuentra en un suministro de retorno, Revit nos lo indicará.

El segundo, mediante la misma marca de advertencia, nos indicara que partes del sistema han quedado abiertas al aire exterior. Este apartado es muy importante porque si no se cierra el sistema en condiciones, no podremos analizar nada de él, y Revit solo calculará flujos hasta donde encuentre caminos cerrados.





Ilustración 7.2. Vista 3D obtenida Google Maps

El Edificio de la Escuela Superior de Marina Civil de Gijón comenzó a gestarse sobre 1981, diseñado por el arquitecto Diego Cabezudo inaugurándose oficialmente en 1998. El edificio trata de seguir una simetría a lo largo de su estructura base, es cierto que las clases se diseñaron de diferentes formas a lo largo del edificio, pero la estructura se visualiza en cuatro módulos obtenidos al dividir el edificio por la mitad tanto a lo largo como a lo ancho.

Esta división de módulos se podrá intuir de mejor manera cuando se observan los sistemas de climatización, los cuales siguen los mismos recorridos para abastecer las cuatro partes del edificio.

El sistema de climatización fue el pionero en aquellos años en las posibilidades de ahorro de energía.

Diego Cabezudo, arquitecto de la obra, explicaba que:

*“Funciona por medio de bombas de calor. Lo más interesante para mejorar el rendimiento es que, en vez de aspirar todo el aire del exterior, donde a partir de unos seis grados baja mucho el rendimiento, lo coge del espacio central, cubierto por una bóveda de cañón de policarbonato que actúa como un gran invernadero donde se produce aire caliente.”*

Como gran parte de los proyectos de construcción, a lo largo de su vida se van a tener que realizar cambios en su estructura para solucionar ciertos contratiempos. En este caso, el edificio sufría problemas de filtraciones a través de las cubiertas y la degradación del policarbonato por la acción de los rayos UVA.

Para solucionar este problema, la universidad llevo a cabo un plan de remodelación en el cual se acometió en profundidad la renovación y rehabilitación de las cubiertas de chapa y policarbonato, mediante su sustitución por unas nuevas. Estas fueron sustituidas por materiales de mejor calidad que las elegidas en la obra original, algo que ayudo a mejorar la eficiencia energética del edificio, ya que estas tienen una transmitancia inferior a la original.



*Ilustración 7.3. Edificio durante su construcción.*

## 7.2. Información de partida

Ya que el proyecto forma parte de una “colaboración o coordinación” con él trabajo de fin de carrera realizado por Paula Fernández González durante el curso académico 2017-2018, se me ha facilitado toda la documentación que ella utilizo y los resultados obtenidos en los que se encuentra la arquitectura completa del edificio modelado con todas las características que incluyó.

Por otra parte, se me facilitó los documentos de partida del proyecto original del edificio relacionados con las instalaciones de calefacción, encontrando grandes diferencias entre estos y lo que realmente se había llevado a cabo más adelante al comienzo de la construcción de la obra.

La parte de la información relacionada con el trabajo de mi compañera fue proporcionada por mis tutores del TFG y profesores del departamento de construcción, y los planos originales del proyecto fueron recibidos por el registro histórico de la universidad de Oviedo, después de haber realizado una visita.

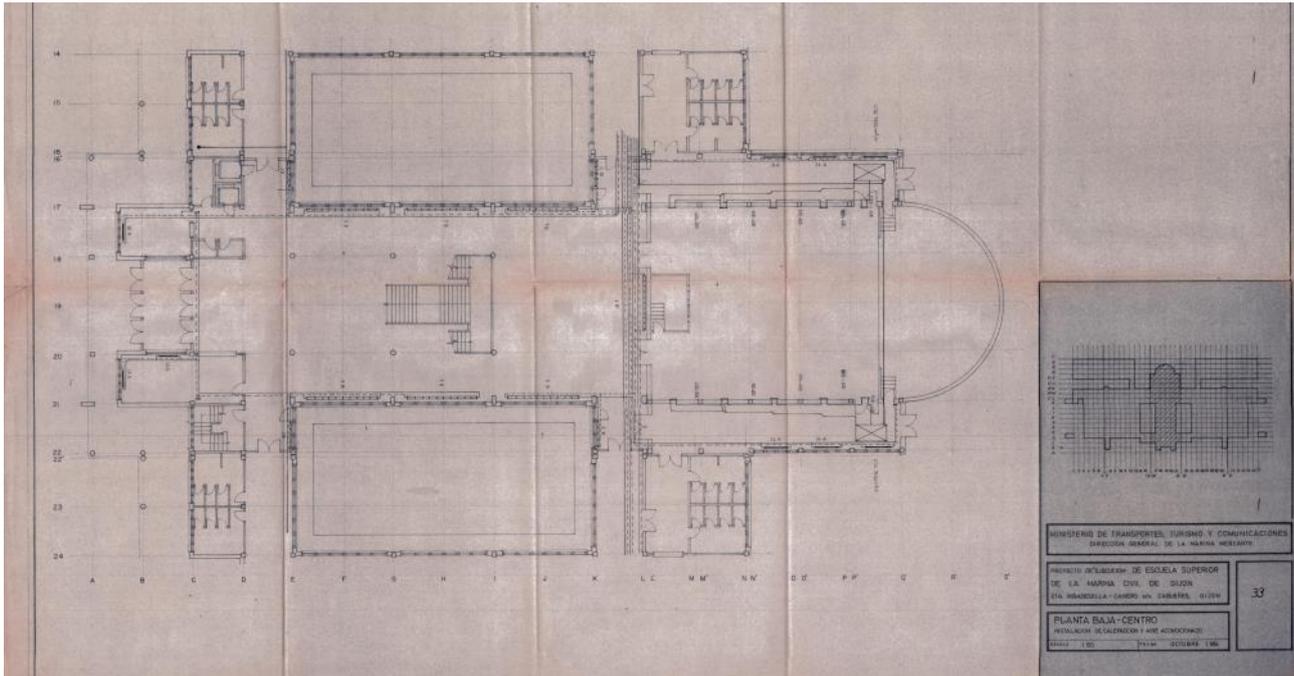


Ilustración 7.4. Planos originales sistema calefacción.



Ilustración 7.5. Modelo 3D generado por Paula Fernández González.

### 7.3. Análisis de los datos de partida

En primer lugar, una vez conseguida toda la información relacionada con el apartado de arquitectura, lo esencial era ir familiarizándose con el entorno producido en el anterior proyecto, e ir relacionando información mediante los planos de AutoCAD que contenían los datos originales y los generados tras la modelización del edificio, para comprobar si todo se había realizado a la perfección, algo muy

complicado realizando el trabajo una sola persona, o si habría algún error que no nos dejase avanzar en nuestra disciplina en un futuro, y que tendríamos que corregir.

Más adelante, se nos enviaron los planos relacionados con la climatización del edificio. Una vez obtenidos, no se observó ningún problema debido al desconocimiento de cómo se llevaba a cabo el proceso de climatización en ese edificio, ya que no se estaba familiarizado con el edificio en la vida real, solo se había realizado un “estudio” del entorno virtual. Debido a esto, se realizó una visita a la escuela para comprobar si en la medida de lo posible, muchos de los equipos que aparecían en los planos, realizaban su trabajo hoy en día.

Tras unos días de visita en los cuales, mediante la ayuda del equipo de mantenimiento y los bedeles del edificio, se llegó a la conclusión de que los planos facilitados, habían sido diseñados para otro tipo de sistema de calefacción mediante radiadores, no por climatización.

Debido a algún cambio que se produjo durante la etapa inicial del proyecto original, y la etapa de ejecución, se realizó un cambio radical en el sistema de calefacción. En los planos que nos suministraron si se utilizaban ciertos climatizadores que funcionaban en ciertas zonas del edificio, pero la gran mayoría de clases estaban climatizadas por radiadores, equipos que no se utilizan en ninguna parte del edificio.

Provocado por algún error entre las diferentes partes que trabajaron en el proyecto, estos planos no se debieron de actualizar, porque como se comentó en la descripción del edificio, el propio arquitecto de la obra lo describió como un sistema de climatización innovador para la época que acogía todo el edificio.

Debido a este contratiempo en la información que representaban los planos, se tuvo que hacer una inspección en primera persona alrededor de todo el edificio para tratar de comprender como se suministra el aire.

Al comienzo de este estudio, como consecuencia de no tener los conocimientos de cómo funcionaba exactamente un sistema de climatización, se pasaron un par de días tratando de comprender donde podían estar ubicados los climatizadores y como podían estar distribuidos los conductos siguiendo las diferentes rejillas de suministro.

Ya que este método no estaba siendo muy eficaz, ya que era imposible saber en qué lugar se ubicaban todos los climatizadores, y que zonas iban a climatizar, se contactó con la persona encargada del servicio de mantenimiento del edificio para comunicarle mis dudas y saber si podría ser de ayuda.

La primera sorpresa que también surgió al tratar de recibir información del servicio de mantenimiento fue que ellos tampoco disponían de unos planos actualizados en los que se reflejase la información necesaria para su correcta manutención.

Es cierto, que se conocía donde se encontraban la gran mayoría de los climatizadores, pero no se sabía ni que climatizador era, ni que zonas suministraba, algo que, si en algún momento se producía un fallo o se quería modificar algo, conllevaba gran cantidad de tiempo para poder encontrarlo.

Después de realizar varias reuniones y ver que no se conseguía ninguna información fiable, se trató de ponerse en contacto con la empresa encargada de gestionar la temperatura en el edificio, CIEN (Control de Instalaciones Energéticas), para ver si por algún casual ellos tenían algún plano o alguna información que fuese relevante.

Tras unas semanas, el encargado de mantenimiento consiguió diferentes capturas de pantalla en las que se representaba las diferentes zonas en las que un climatizador trabajaba, y que numero de climatizador correspondía a cada zona.

Como se puede observar en la imagen, el programa nos indica las diferentes zonas en las que operan los diferentes conjuntos de climatizadores, asignándoles un color para su mejor comprensión, y en cada casilla, nos indican el número de climatizador que trabaja en esa zona.

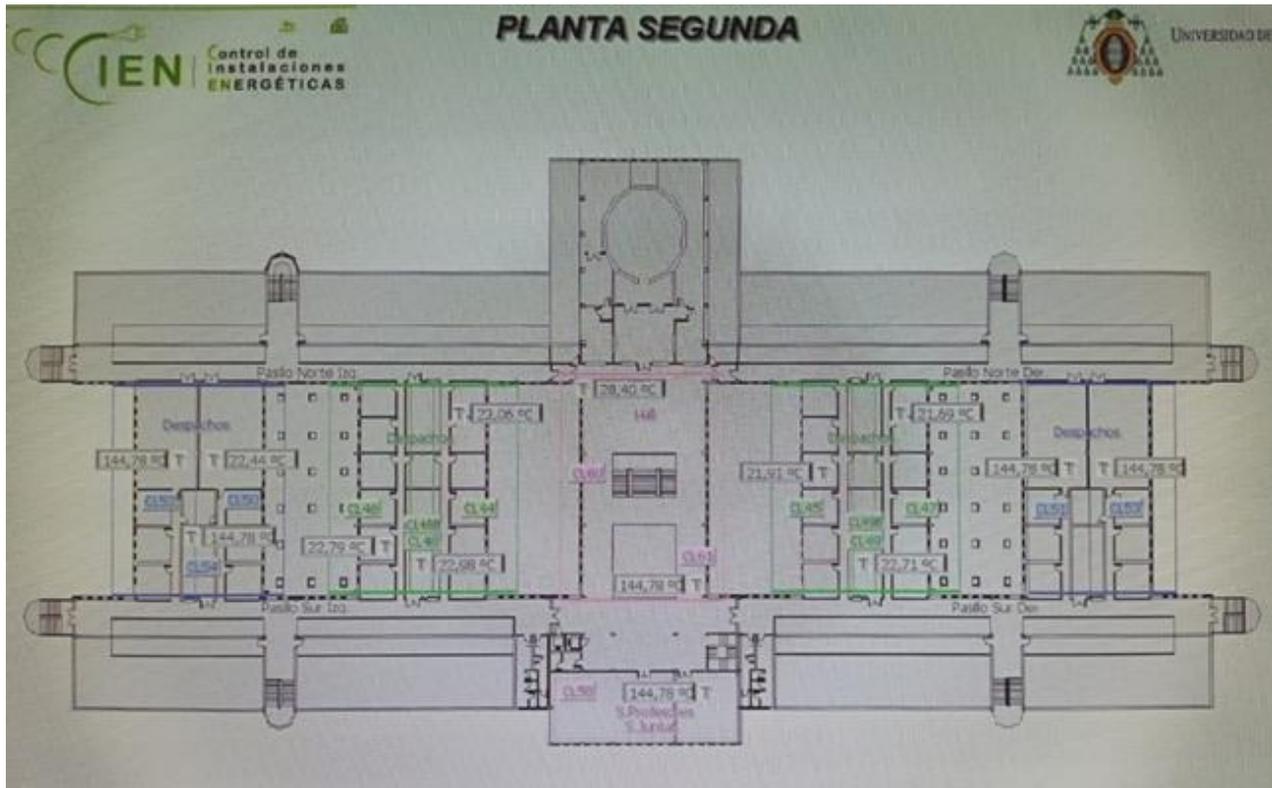


Ilustración 7.6. Captura de pantalla empresa CIEN

Como se puede observar en esta imagen, la zona de los despachos estaría abastecida por tres climatizadores, CL50, CL54, CL52, pero esa no sería su localización.

Aunque esta información nos solucionaba alguna duda, seguíamos sin saber exactamente donde se colocaba el climatizador al que se le correspondía ese número, ya que como se puede observar en la imagen anterior, aparecen climatizadores en el medio de la cubierta, algo que no es real. Por lo que se volvió a hacer una inspección en primera persona, y visitando todos los lugares donde había un climatizador, ayudados un plano del edificio para apuntar en qué lugar se encontraba cada uno, se trató de encontrar el número que le correspondía, donde muchos de ellos lo tenían pintado sobre su superficie, y los que se encontraban en los casetones de la azotea, tenían pintado su correspondiente número en la puerta de acceso.

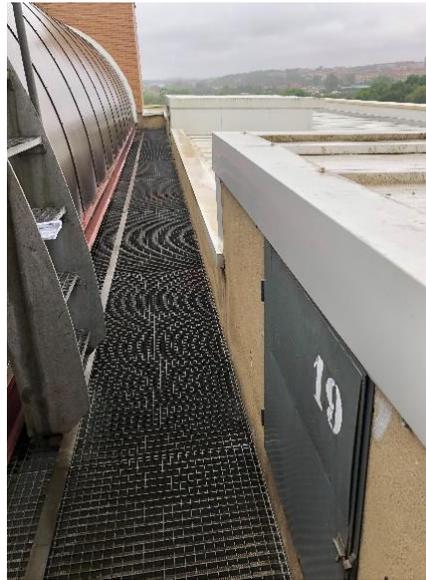


Ilustración 7.7. localización Climatizadores azotea.

Tras un par de días dando vueltas por el interior del edificio, se consiguió crear una serie de notas escritas a mano sobre los planos que representaban donde se encontraban los equipos de la segunda y de la primera planta. Como se puede ver en la siguiente imagen, así quedaría la disposición de los climatizadores de esa planta.

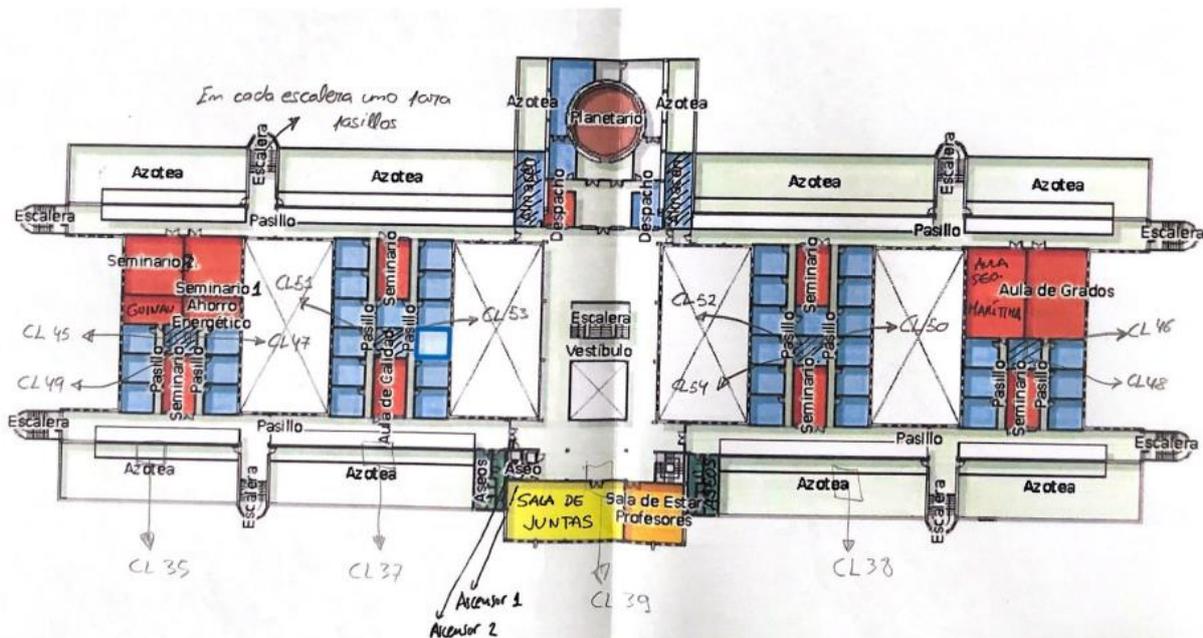


Ilustración 7.8. Plano climatizadores a mano.

Aunque se había conseguido entender en gran parte como podían estar colocados en estas dos plantas, cuando se quiso conseguir la localización de los situados en la planta baja, no pudimos actuar de la

misma manera. Esto es debido a que estos, en vez de estar apoyados en un suelo, y después distribuir el aire a las plantas que tenían debajo, en la planta baja, los climatizadores están colgados del techo y escondidos en el falso techo.

El método que utilizan los encargados de cambiar los filtros, para encontrar los climatizadores, es buscar entre las placas de los falsos techos, una marca que indica donde se encuentra el climatizador y el número de trabajo que le corresponde.

Este método puede ser un poco tedioso si es la primera vez que te dispones a buscarlos, y fue lo que sucedió, no se consiguió sacar su posición en más de dos climatizadores aun pasando toda la mañana en la búsqueda de unos cuantos.

Como para la persona encargada de hacer este trabajo, era más habitual hacer esta tarea, y sabía de antemano donde se colocaban en gran medida, el responsable de mantenimiento trató de ponerse en contacto con él para ver si podía indicarnos donde se colocaban.

Para poder concretar una reunión tuvieron que pasar unos días en los que ambos tuviesen disponibilidad, pero tras unas horas, con el trabajo siendo mucho más liviano, se volvió a conseguir un plano editado a mano en el cual indicaba la posición de los climatizadores en los falsos techos.

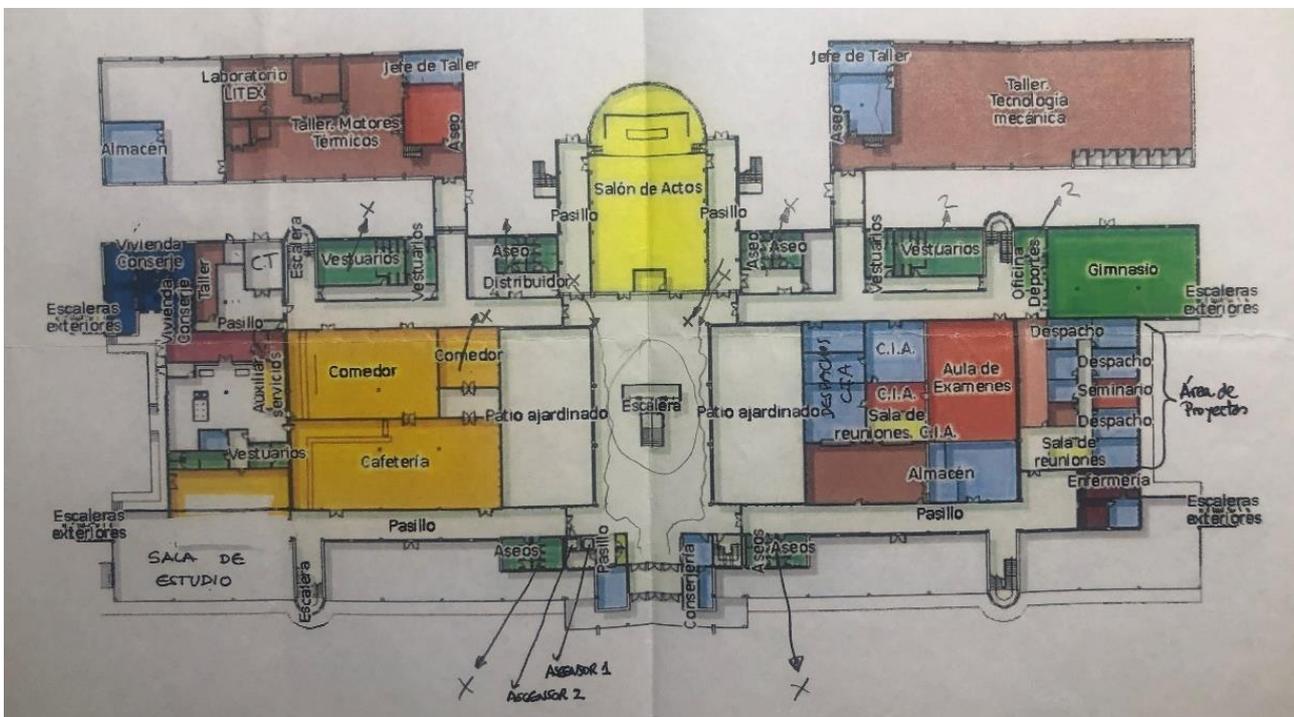


Ilustración 7.9. localización Climatizadores Planta Baja

Como se puede observar, a diferencia de este plano con el anterior, no fue posible indicar el número al cual correspondía cada climatizador, algo bastante negativo porque es de gran importancia tenerlos localizados cada uno en su lugar.

Debido a esta falta de información, para poder asignar los números de funcionamiento correspondientes, con ayuda del servicio de mantenimiento, y la información de la empresa CIEN, se trató de conseguir cual sería la mejor disposición de los climatizadores para que cumpliesen tanto la información que se sacó haciendo el estudio en primera persona, como los datos que la empresa tiene en su poder.

Después de barajar ciertas opciones, se llegó a un acuerdo con el servicio de mantenimiento que le dio el visto bueno al plano que se había realizado.

Como se podrá ver a lo largo de este punto, surgirán muchos más problemas debido a la falta de información, y que se deberán ir recopilando de manera personal para poder conseguir un modelo lo más cercano posible a la realidad que sea capaz de hacer la labor que le correspondería.

## 7.4. Aplicaciones elegidas

El gran auge que está teniendo el mundo informático durante los últimos años produce que gran cantidad de empresas desarrollen sus productos con la intención de tratar de crear un nuevo software que permita facilitar el trabajo de las personas. Esta competitividad ofrece varios programas en el mercado capaces de llevar a cabo las necesidades que se piden, pero en este caso, optaremos por los siguientes softwares en los cuales se cuenta con licencias gratuitas:

- **AutoCAD:** se utilizó para comprobar si el modelo generado que nos habían entregado seguía las bases de los planos originales generados en este programa.



*Ilustración 7.10. AutoCAD, Autodesk*

- **Revit:** programa utilizado para el modelado del sistema de climatización ayudándonos a conseguir todas las representaciones necesarias.



*Ilustración 7.11. Revit, Autodesk*

- **3DS Max:** software utilizado para realizar animaciones del edificio con una calidad de imagen superior a la que podríamos obtener en las animaciones de Revit, al igual que las aplicaciones anteriores también pertenece a Autodesk.



*Ilustración 7.12. 3ds Max, Autodesk*

- **Enscape:** al igual que 3DS Max se utilizará para realizar una animación interior del edificio que permitirá tener una vista más detallada.



*Ilustración 7.13. Logo Enscape*

- **BIMvision:** será el encargado de mostrar una vista de los archivos IFC que se han facilitado.



*Ilustración 7.14. Logo BIMvision*

## 7.5. Desarrollo del modelo

En este apartado detallaré todos los pasos que he realizado en los diferentes programas para poder conseguir el modelo de la manera más real y razonable para su posterior interpretación.

### 7.5.1. Vinculación del proyecto

En primer lugar, se ha creado un nuevo proyecto en Revit, asociándole una plantilla mecánica, una de las diferentes opciones que Revit nos ofrece con relación a la disciplina en la que queramos trabajar.

Una de las herramientas que más facilita la coordinación en un proyecto es en especial la utilizada en este apartado, la vinculación de otros modelos.

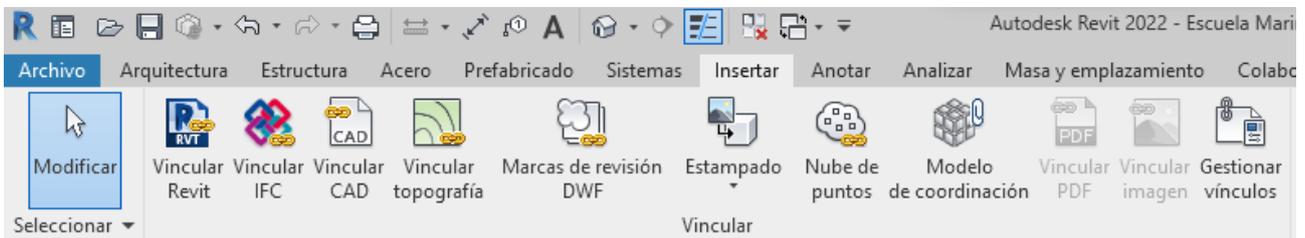


Ilustración 7.15. Captura Pantalla Revit Insertar.

En este caso, lo que se va a pretender es asociar otro modelo de Revit, por lo que utilizaremos la primera opción “Vincular Revit”. Una vez vinculado el modelo, Revit cargará todos los datos que contiene el proyecto y los almacenará en el que hemos creado.

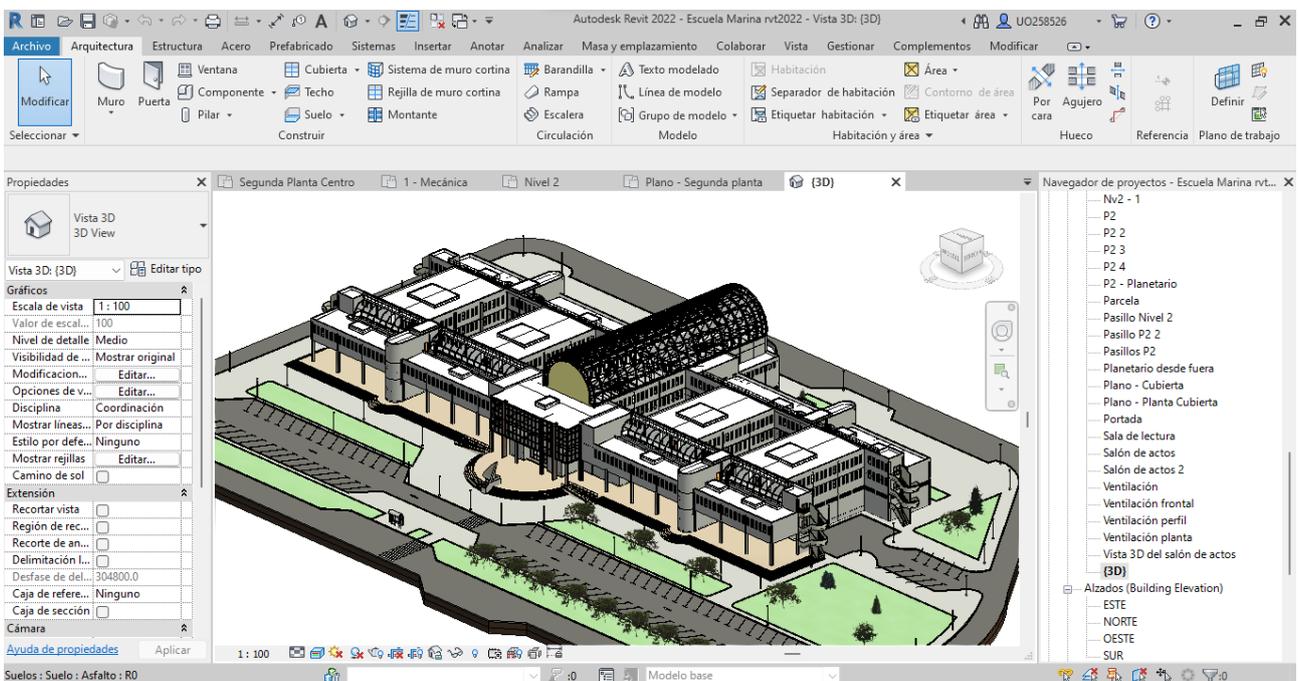


Ilustración 7.16. Modelo Original

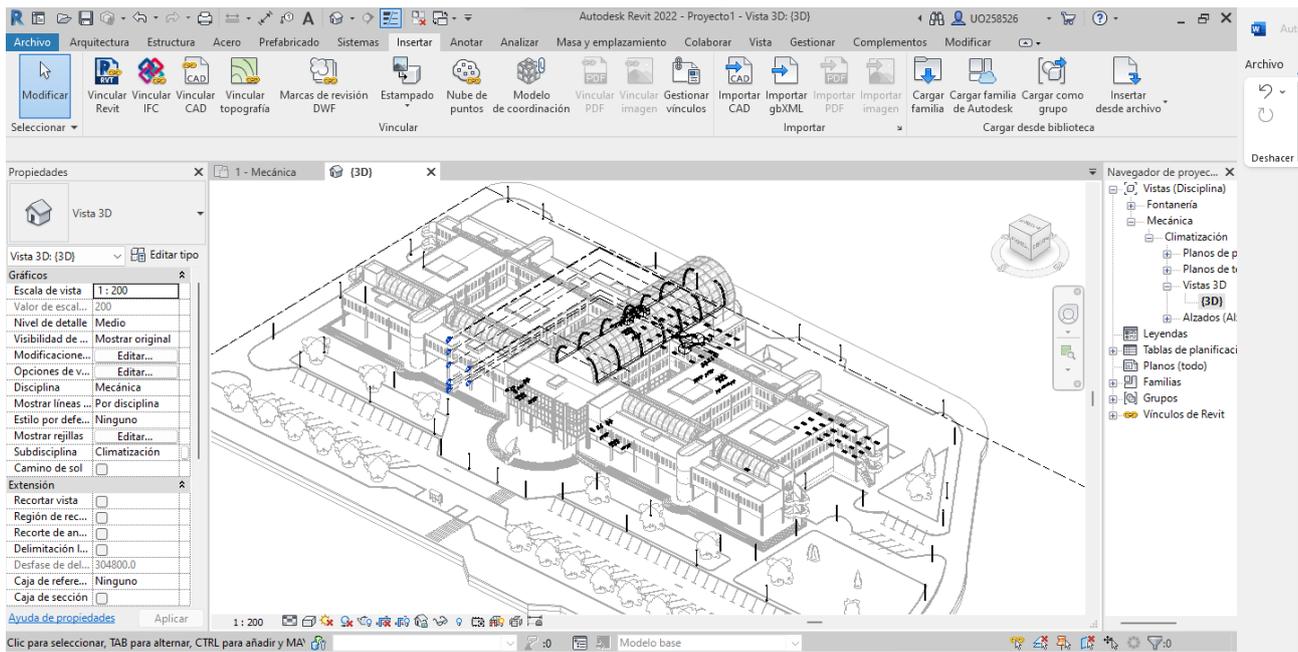


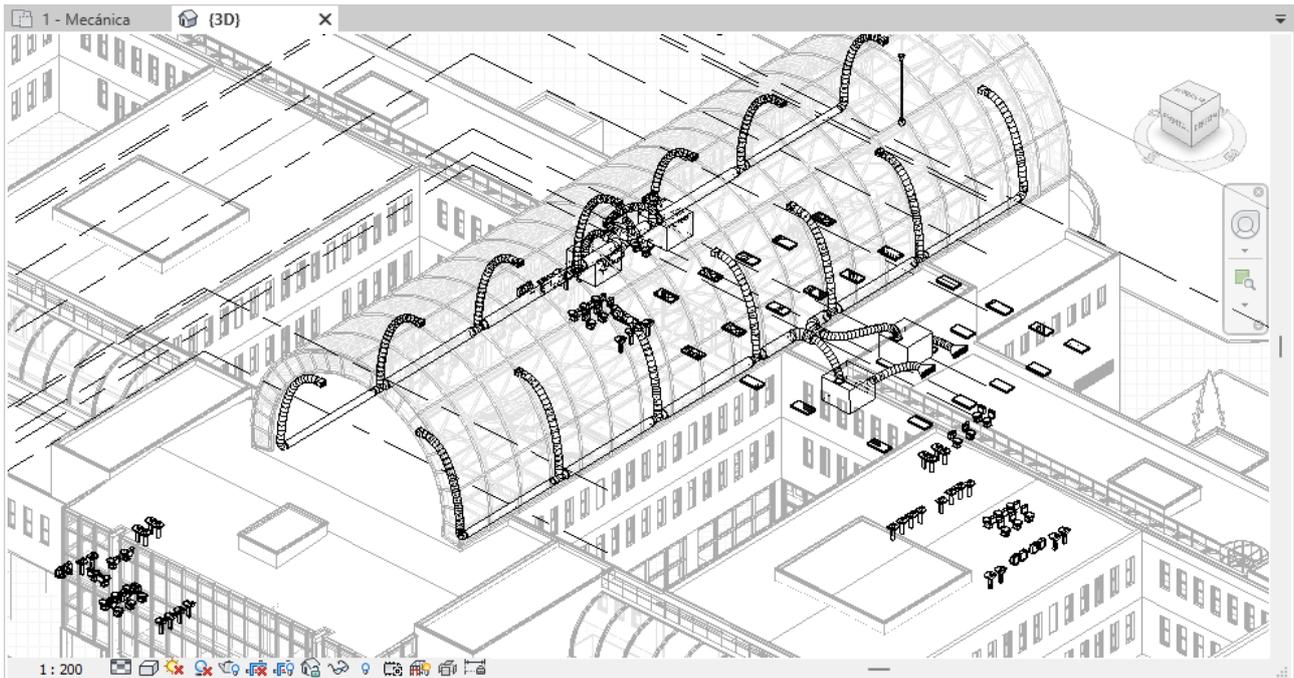
Ilustración 7.17. Modelo en Plantilla mecánica.

En estas dos capturas de pantalla podremos ver las diferencias entre los dos modelos a simple vista.

En primer lugar, el modelo arquitectónico que fue facilitado, en el cual tendremos toda la información que el creador del archivo le adjunto. Todas las vistas, planos, materiales, secciones, etc. Y en el cual se podrá realizar todos los cambios que uno desee si encuentra algún error.

Por otra parte, en la segunda captura de pantalla, podremos observar el nuevo proyecto mecánico, con el modelo arquitectónico vinculado. Si se observa el navegador de proyectos, se puede ver que toda la información que aparece en el modelo original ha desaparecido, ya que a esta plantilla se le deberán de asignar de forma manual las diferentes vistas, secciones y planos, que el nuevo creador de este proyecto desee realizar tras haber conseguido su modelo final. Como se podrá ir viendo a lo largo de los pasos que se van realizando, Revit introducirá de manera automática todas estas nuevas características en el navegador de proyectos para acceder a estas con mayor facilidad.

Refiriéndose al nuevo modelo generado, lo que se debería de explicar es que Revit modifica todos los elementos arquitectónicos que se encuentran en el proyecto vinculado y les asigna un aspecto transparente en el que solo se encuentran marcados sus bordes para poder orientarte en el modelo y poder tener una vista sencilla de los aparatos mecánicos que se vayan colocando en el modelo.



*Ilustración 7.18. Ampliación Plantilla mecánica.*

En esta vista ampliada se puede ver cómo sin haber realizado ninguna modificación, se entiende el aspecto que Revit le va a aplicar a los diferentes objetos que se encuentren en el archivo.

Los elementos arquitectónicos como se puede observar tienen un aspecto traslucido en el que podremos diferenciar sus bordes para hacernos una idea de donde se colocan las diferentes partes del edificio.

Los elementos mecánicos relacionados con fontanería, ventilación, o circuitos eléctricos tendrán un aspecto más “tangible”, como se puede observar en los diferentes aparatos sanitarios y de ventilación que aparecen vinculados desde el proyecto original.

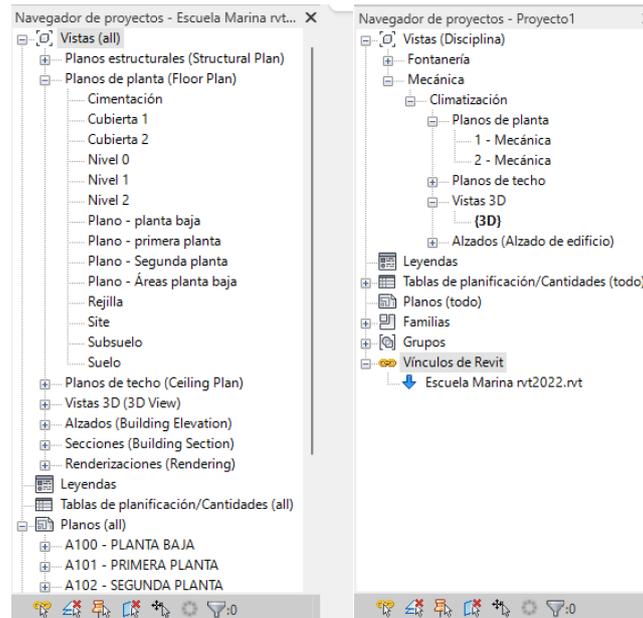


Ilustración 7.19. Comparación Navegador Proyectos

Como se había comentado antes, Revit no importa todas las vistas de planta que se habían utilizado en el modelo original, y aquí, es donde puede surgir algún que otro problema si no se está familiarizado con el entorno.

Al vincular un proyecto, Revit convierte el archivo importado en un único elemento, es decir, una vez que lo importes, no podrás seleccionar elementos arquitectónicos, niveles, secciones o rejillas, o incluso elementos mecánicos, por lo que, si se quiere modificar algún parámetro o cualquier objeto, deberíamos ir al archivo principal, modificarlo ahí, y volver a cargar el modelo en nuestro proyecto.

Este sistema de Revit esta creado para que alguien que este introduciendo nuevos elementos no pueda modificar el archivo original, y si existe algún problema, notificarlo a los responsables y que ellos realicen los cambios necesarios, ya que no sería correcto que la persona que está trabajando sobre una disciplina, cambie la estructura de la disciplina anterior, y que a la hora de obtener los resultados finales, los resultados de unos y otros sea diferente por falta de comunicación en mitad del proyecto.

En este caso, se realizaron cambios sobre el archivo original para poder cumplir los requisitos que se piden, pero en un proyecto real sería una acción bastante peligrosa para la futura gestión del edificio.

Por otra parte, existen soluciones por si se quiere trabajar con algún elemento en concreto, con otra de las herramientas que se explicarán a continuación. En este caso los problemas surgieron cuando quisimos realizar los planos de planta del edificio para cada planta, ya que, Revit solo genera dos planos de planta, con alturas aleatorias, que no se corresponden con ninguno de los niveles que hay

en el proyecto original, por lo que cuando se quiso seleccionar los niveles creados en el anterior proyecto, Revit no nos lo permitía.

Para poder solucionarlo se buscó información en diferentes foros oficiales y comunidades de Revit donde a la gente le ocurría el mismo problema. Cabe destacar que es un problema que mucha gente se encuentra al comenzar a trabajar con proyectos vinculados. Es cierto que no se trata de una herramienta muy intuitiva al principio ya que te ves bloqueado al no poder acceder a ninguna de las partes que ves en tu pantalla.

Tras buscar en diferentes páginas en español y no encontrar ninguna solución que ayudase, se buscó información de foros en inglés, ya que esta comunidad tiene mayor número de solicitudes de preguntas y que la gente interacciona más entre ellas.

Al final, se acabó encontrando en la respuesta de una persona que había preguntado la misma duda, y donde se explicaba cómo utilizar la herramienta que aparece en la captura siguiente: Coordinar.

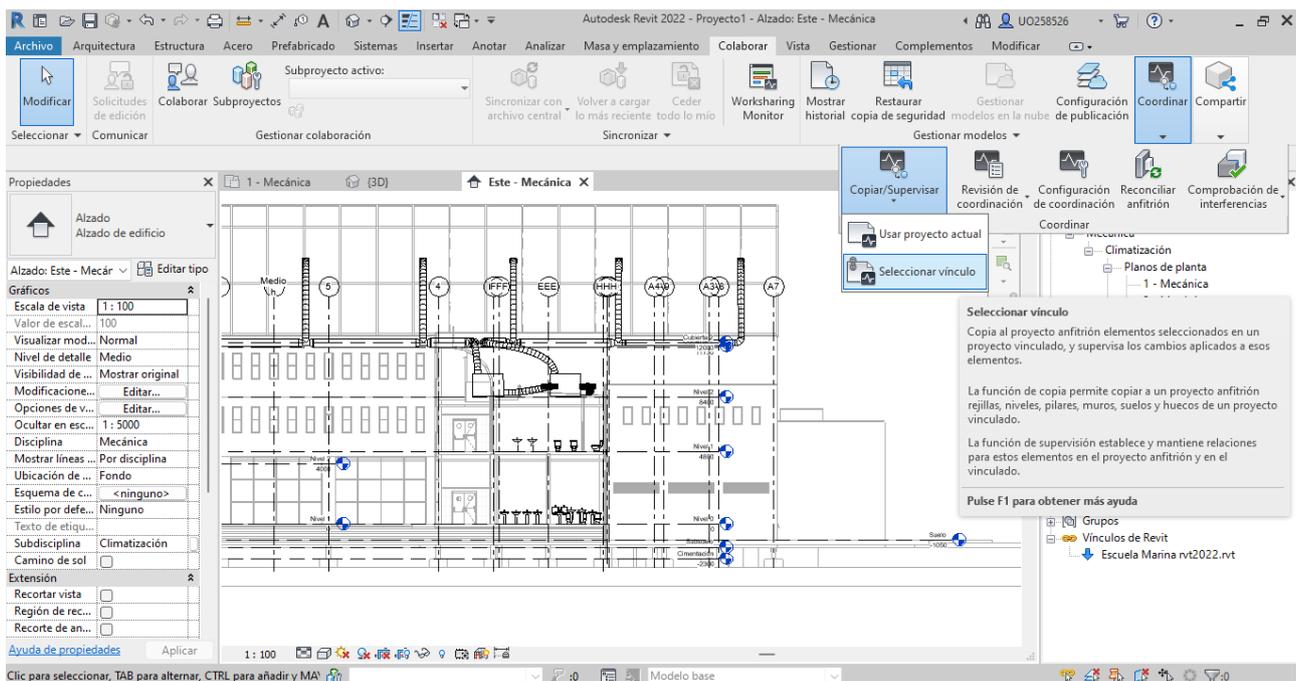


Ilustración 7.20. Herramienta Coordinar

Mediante esta función se podrán elegir diferentes elementos, aparte de los niveles como en este caso, que podremos modificar, desplazar o eliminar una vez vinculados. Más adelante se explicará cómo se ha utilizado esta herramienta para unir al proyecto otros elementos.

Siguiendo los pasos que se pueden ver en la captura de pantalla, se conseguirá llegar al menú de selección donde podremos configurar, en el apartado opciones, los parámetros de los diferentes elementos que queramos seleccionar.

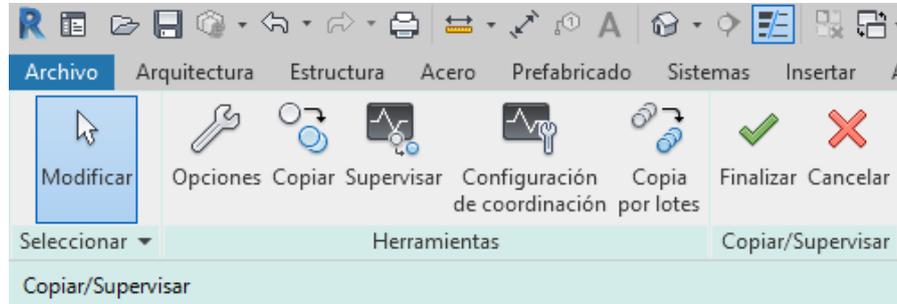


Ilustración 7.21. Opciones Herramienta Coordinar.

Siguiendo las indicaciones que conseguimos buscando información, nuestra configuración a la hora de copiar deberá de ser la siguiente:

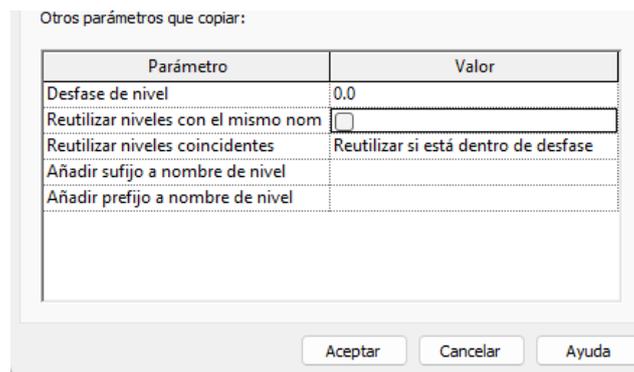


Ilustración 7.22. Parámetros Herramienta Coordinar

Una vez realizados todos estos pasos, solo tendremos que utilizar la opción copiar y seleccionar, en este caso, los niveles, y cuando veamos que sea han seleccionado correctamente, terminar pulsando en la tecla “Finalizar”

Gracias a esta acción nuestro modelo ya contará con los niveles del otro proyecto, y podremos crear las vistas de planta que deseemos como si se tratase de un modelo genérico de Revit.

Para la creación de estos planos de planta solo tendremos que realizar los mismos pasos que en cualquier disciplina de Revit.

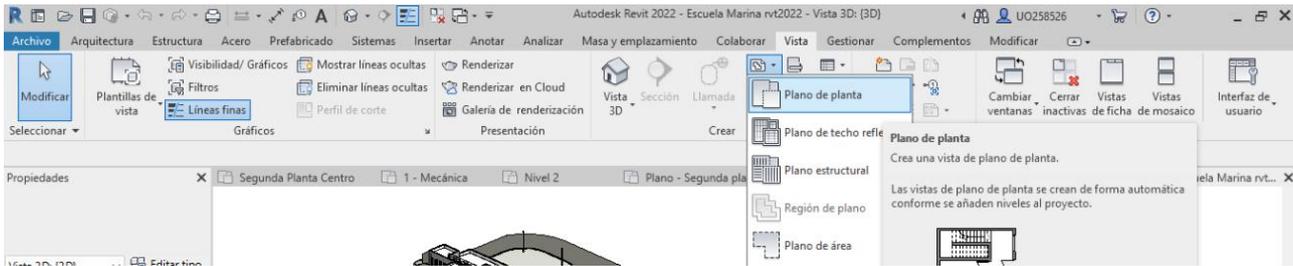


Ilustración 7.23. Creación Vistas.

Una vez obtenida la siguiente ventana de dialogo, solo tendremos que seleccionar el nivel al que queremos adjudicar esta vista, y Revit nos creará el nuevo plano de planta en el navegador de proyectos, en la cual, se podrá trabajar con tranquilidad.

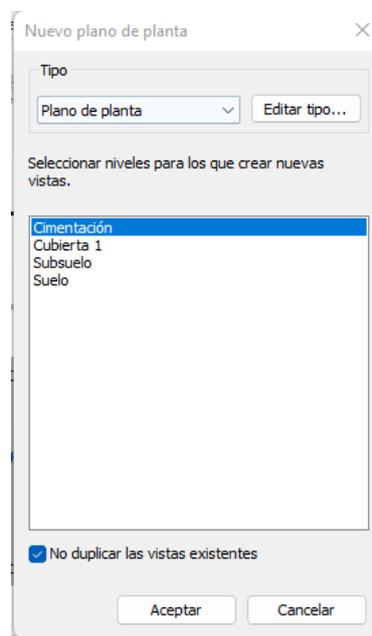


Ilustración 7.24. Selección Nivel.

Otro problema que encontramos con este tipo de plantillas si no estamos acostumbrado a trabajar con ellas son los datos de identidad de la vista. En una plantilla arquitectónica, Revit no le aplica ninguna plantilla de vista de forma automática, y crea vistas a partir de los niveles que nosotros le implantemos, dejando que el usuario sea el que decide el rango de vista que se le aplica a cada plano. Pero al importar el proyecto a una plantilla mecánica, el programa solo crea dos vistas de planta a partir de dos niveles que crea automáticamente, y con ninguna plantilla de vista adjudicada, lo que permite el total control del rango de vista.

Debido a esto, nosotros debemos crear los niveles necesarios para visualizar las plantas que requiera nuestro edificio. En nuestro edificio se creó una vista adicional para poder cubrir todas las plantas, pero encontrándonos con el inconveniente de no poder ajustar el rango anteriormente citado.

De nuevo se tuvo que buscar información en páginas oficiales de Autodesk y comunidades en las que se formularan este tipo de preguntas, llegando a la conclusión de que, en estos niveles creados manualmente, se aplica de forma automática en los datos de identidad en las propiedades de la vista una plantilla mecánica, algo que no deja modificar el rango de vista, por lo que se tuvo que cambiar a “Ninguno”, para poder empezar a trabajar con nuestras vistas y que estas nos permitieran ajustar el rango de objetos que nosotros veamos en esa ellas.

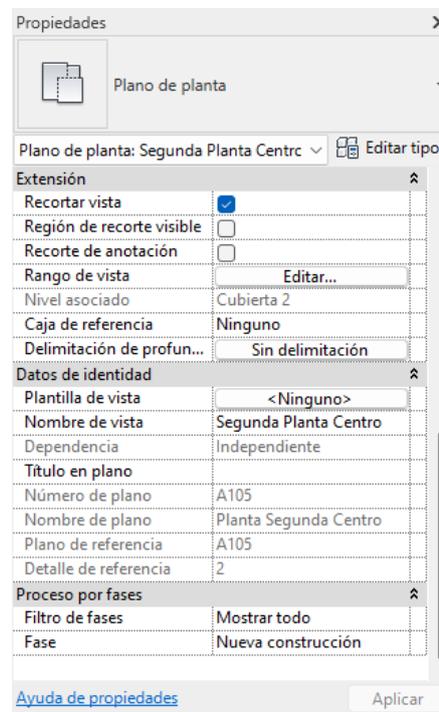


Ilustración 7.25. Propiedades vista Nueva Plantilla

Una vez generadas todas las correspondientes vistas, y con la información de la localización de los planos, se comenzó a trabajar en el sistema de climatización en el archivo Revit.

## 7.6. Climatizadores

El primer paso que se realizó en nuestro modelo fue la colocación de los climatizadores de la segunda planta, es decir, estos corresponden a los que están colocados en la cubierta del edificio, dentro de las casetas que se pueden ver desde una vista exterior del edificio.

Como se representó en los planos realizados a mano del punto anterior, en esta planta se deberán colocar tres climatizadores para cada zona de despachos, y un climatizador para cada uno de los pasillos de los diferentes cuatro módulos del edificio.

Ya que no se disponía de ninguna información sobre el modelo del climatizador que se utiliza, se realizó una búsqueda por las bibliotecas de Revit para ver si se encontraba algún ejemplar que cumpliera con los requisitos que había que cumplir.

Gracias de nuevo al encargado de mantenimiento, se facilitó una captura de pantalla en la cual se mostraba como trabaja el climatizador.

Su proceso consiste en un equipo mecánico que recibe agua caliente que pasa por un serpentín que se calienta dependiendo de la temperatura del agua. Una vez obtenida la temperatura idónea, el climatizador comienza a pasar el aire a través del serpentín para que este también se caliente y pueda llegar a su destino con la temperatura que se le aplica en el programa de ordenador.

Tras comprender como funcionaba, y buscar en Internet que tipo de climatizador podía ser, se encontró que a este tipo de climatizadores se les denomina “Fan Coils”. Por suerte, las bibliotecas de Revit nos ofrecen distintas variedades para su uso, de entre las cuales se escogieron los siguientes.

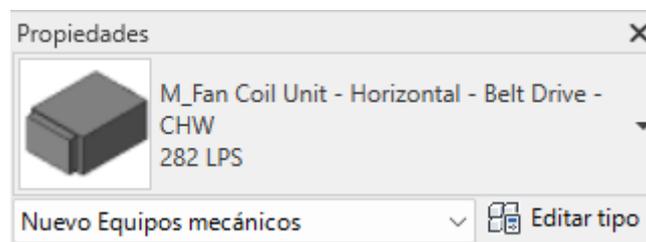


Ilustración 7.26. Climatizadores Revit para suelos.

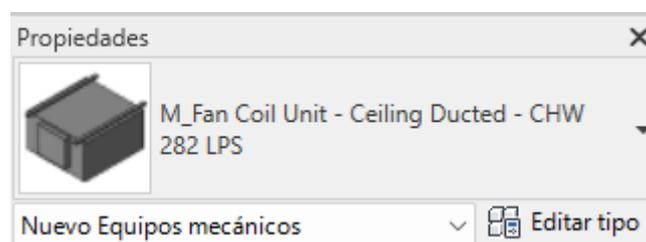
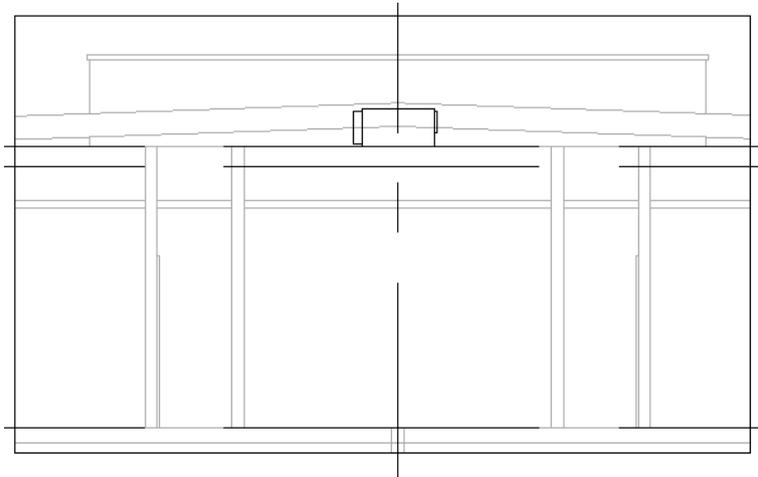


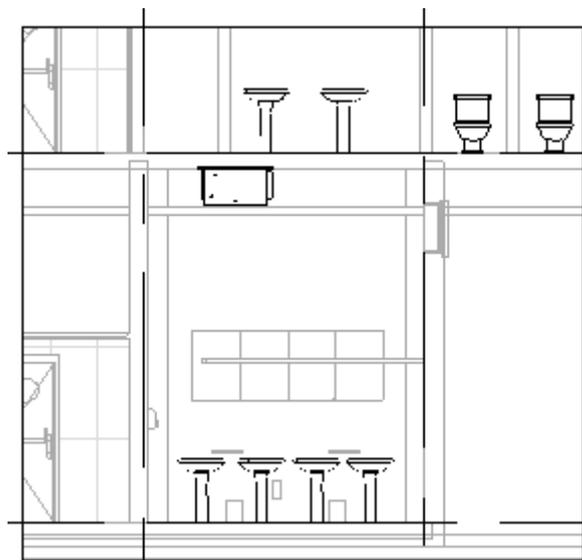
Ilustración 7.27. Climatizadores de Revit para Falsos Techos

Los primeros son aquellos que están colocados en el suelo, como son la mayoría de los que se encuentran en el edificio, solamente se le deberá colocar en el plano que le corresponda y ya está colocado perfectamente.

Los segundos fueron escogidos porque para que puedan estar escondidos en el falso techo como se explicó anteriormente deberán de tener una estructura que los permita anclarse al techo. Como se puede ver, contienen dos barras laterales las cuales deberemos alinear con el techo a la hora de colocarlos.



*Ilustración 7.28. Representación Alturas Climatizadores.*



*Ilustración 7.29. Representación Alturas Climatizadores 2.*

Por otra parte, Revit nos ofrece una serie de características para cada climatizador las cuales se podrán variar. En una obra nueva se podrán gestionar los valores de acuerdo con los planos originales, en este caso, como no se tenía ninguna información, se mantuvieron como estaban, más adelante, en la etapa de cálculos, si es posible modificar alguno para ver los resultados, se tratará de hacer una estimación de cual podría ser más conveniente.

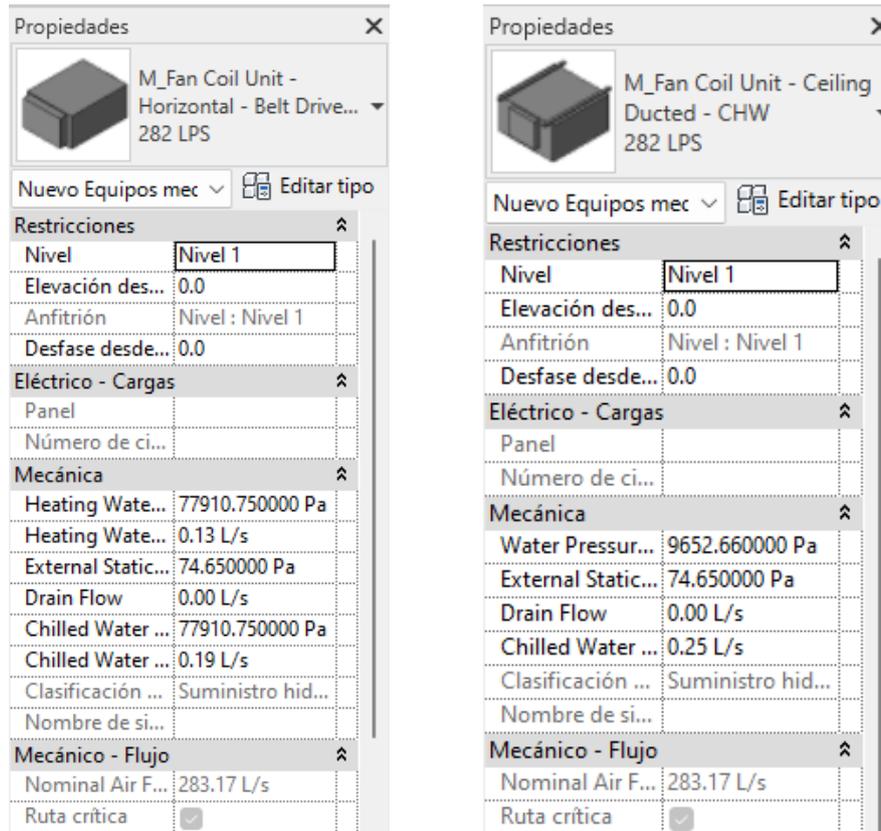
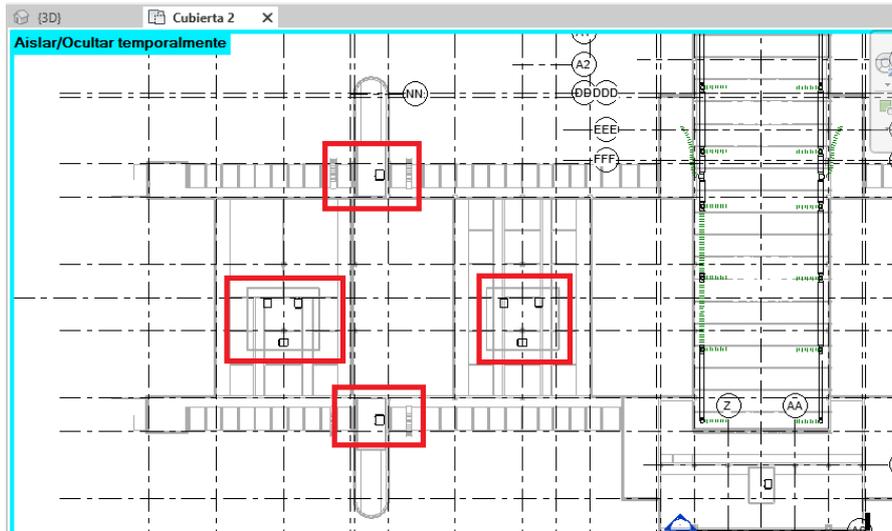


Ilustración 7.30. Propiedades Revit.

En estos dos ejemplos se ha seleccionado los dos climatizadores más pequeños, pero dentro de cada familia habrá diferentes tamaños en los cuales sus características irán variando.

Una vez explicado que tipos se han escogido, se explicará la disposición que se ha elegido para los climatizadores de las diferentes plantas.

Es cierto que probablemente en las siguientes capturas de pantalla gran parte de los climatizadores no estén en la posición que se les aplico al principio, ya que a medida que se iba avanzando en el proyecto se iban produciendo diferentes errores que el programa no dejaba gestionar, pero las siguientes imágenes muestran cual sería la colocación de cada uno de los climatizadores en la parte izquierda superior del edificio, en cada uno de los huecos estructurales que les corresponde, proporcionándonos la vista lista para trabajar.



*Ilustración 7.31. Ejemplo Climatizadores.*

## 7.7. Rendijas de Ventilación

Una vez colocados los climatizadores, se deberá empezar a valorar que zonas va a suplir cada climatizador, para ello, se deberán colocar en las diferentes salas del edificio, la cantidad correspondiente de rejillas de suministro.

Como anteriormente se había comentado, no se tenía el suficiente conocimiento para saber distribuir estos elementos, por lo que se trató de visitar todas las zonas posibles de edificio para comprobar como estaban dispuestos.

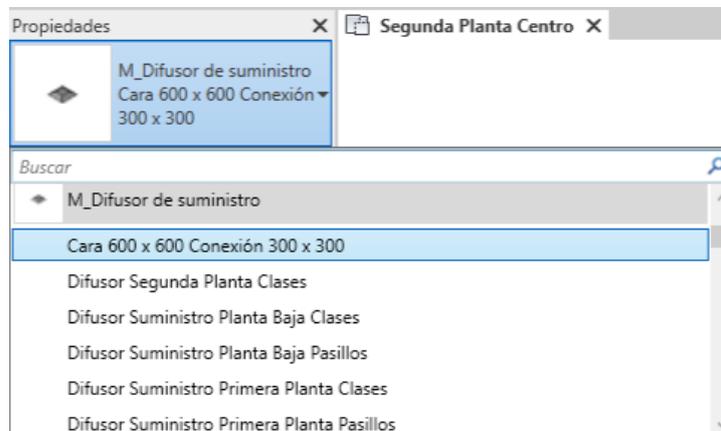
Es cierto que hay zonas como los pasillos y ciertas clases a las que se tuvo acceso que se pudo comprobar y anotar cuantas rejillas había para después representarlas con exactitud en los modelos.

Pero, por otra parte, ciertos despachos o algunos laboratorios no pudieron ser examinados, por lo que, haciendo una valoración de las otras habitaciones, se trató de compensar la cantidad de estas que debía de haber para poder llevar a cabo el trabajo de los climatizadores.

Una vez explicado este contratiempo, se procederá a explicar los diferentes pasos que se siguieron para poder tener un archivo lo más accesible posible para sus correspondientes modificaciones por si alguien lo necesita en un futuro.

En primer lugar, para poder seleccionar con facilidad, y diferenciar las diferentes rejillas de ventilación, se crearon varios tipos para que si en algún momento hubiese que modificar alguno de los apartados, solamente con ir a ese tipo de rejilla en el panel de “Terminales de aire” y modificar

sus datos de partida, estos datos se les aplicarían a todos los elementos, ahorrando una gran cantidad de tiempo sin falta de estar modificando uno a uno todos los objetos, algo que sería una tarea tediosa.



*Ilustración 7.32. Captura Tipos de Rejillas*

Como se puede apreciar en la imagen, se crearon, para cada planta, dos zonas diferentes, unas que abasteciesen a las clases despachos o laboratorios, y otras que abasteciesen a los pasillos. Del mismo modo, se crearon unas rejillas de retorno para el completo funcionamiento del sistema, dos tipos para cada planta para reducir el tiempo de trabajo en un futuro.

A partir de este momento, se podría explicar el proceso dentro del siguiente punto, Conductos de Ventilación, ya que para no producir confusión entre las diferentes rejillas y no aplicar las de suministro en el sistema de retorno y viceversa, se realizaron primero los conductos de suministro, y más adelante los de retorno.

Para finalizar este apartado, se representa una captura con las características físicas que se le aplicaron a uno de los difusores de suministro. Estos datos fueron aplicados ya que, tras medir en uno de los finales de conducto que había en el edificio real, las medidas de la altura y la anchura era de 20x20cm, y la parte externa más ancha del difusor era de 35x35cm, por lo que por eso se escogieron estas medidas.

También se puede observar, que Revit nos permite controlar el flujo que debe de pasar por cada rejilla. En esta parte, con su correspondiente tiempo, y calculando la pérdida de carga que se iría produciendo en el climatizador a lo largo del recorrido, se le podría aplicar unos valores para que el difusor que esté más cerca del climatizador no expulse una gran cantidad de aire que pueda ser molesto para la gente en esa sala, y el último difusor casi no realice su trabajo.

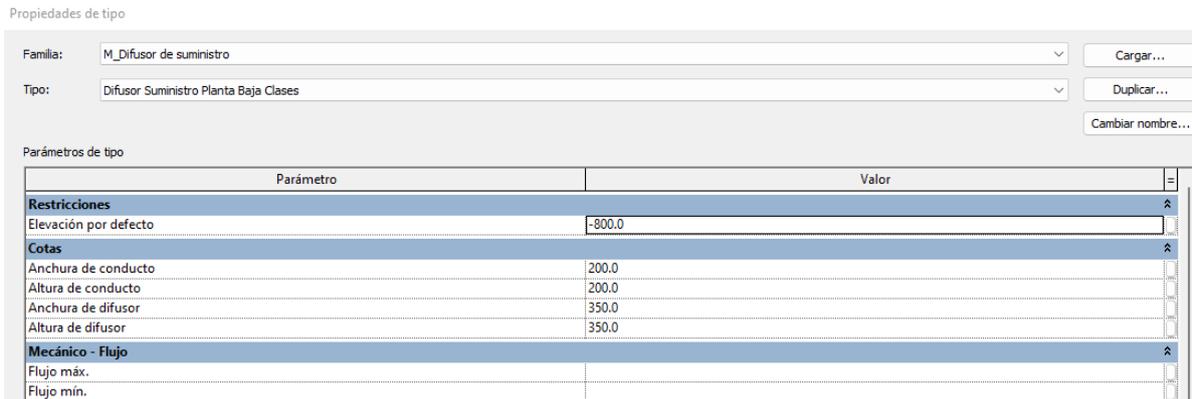


Ilustración 7.33. Propiedades Difusor Suministro Planta Baja.

También se puede apreciar la restricción de “Elevación por defecto”, pero será un tema que se tratará más adelante ya que, en un primer momento, todas las rendijas se pusieron a la misma altura que la parte baja del falso techo que había colocado en la planta segunda, algo, que a simple vista no parecía ningún contratiempo ni ningún problema para el desarrollo del modelo.

## 7.8. Conductos de Ventilación

En este apartado hay que aclarar que probablemente los caminos seguidos por mis conductos no sean los correspondientes con la realidad, es cierto que se hicieron varias inspecciones sobre los falsos techos del edificio para comprobar cuáles eran las formas, alturas, anchos y recorridos que los conductos llevaban a lo largo de su camino, pero aun así fue tarea imposible comprobar todos los conductos, en primer lugar porque ciertos techos del edificio, estaban a mucha altura, algo que podía ser un riesgo sin la seguridad adecuada, por lo que no se pudo verificar con total exactitud por donde pasan.

Se generaron los caminos que se creían que fuesen más cómodos a la hora de interpretar y de poder llevar a cabo una manutención o una modificación, siempre y cuando estos siguiesen trabajando para las zonas que les corresponden en el apartado anteriormente explicado, y que siguiesen unos caminos lógicos dentro del edificio.

De nuevo, Revit nos ofrece una gran cantidad de posibilidades en las cuales podremos elegir el conducto que mejor se adapte. De acuerdo con los que están presentes en el edificio, se escogió un conducto rectangular.

En esta primera imagen se puede observar los diferentes recorridos que escogí para para una de las partes de edificio, en la que se pueden observar diferentes geometrías en los conductos que facilitan su creación.

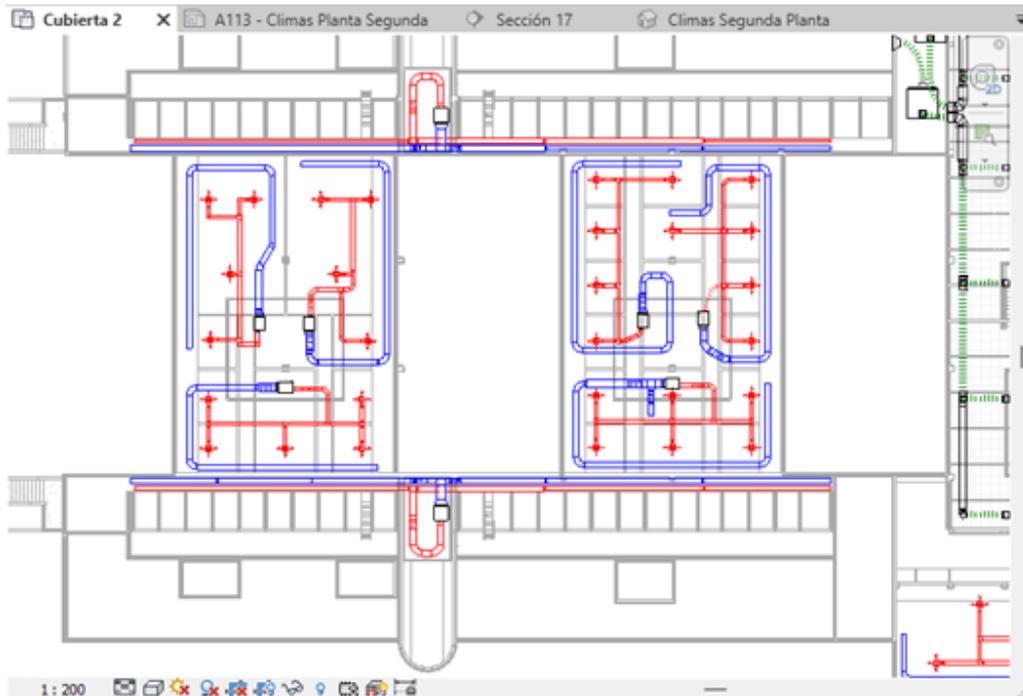


Ilustración 7.34. Planta Segunda Ala izquierda.

Por otra parte, podemos observar cómo dependiendo de los diferentes caminos que tengan que seguir los conductos, Revit nos permite también cambiar la forma en la que estos realizan los cambios.

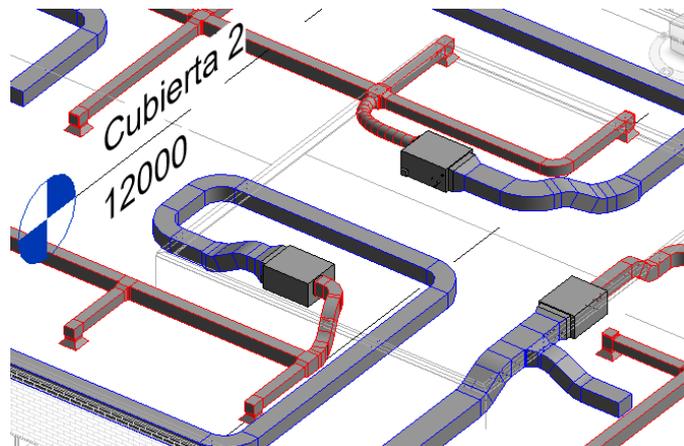


Ilustración 7.35. Representación tubos 3D.

Es normal ver como los conductos tratan de seguir un camino con una trazada circular debido al amplio espacio de maniobra que tienen para maniobrar, pero en otros casos como en los conductos que se conectan a los terminales de aire, debido a la dificultad que tiene el programa para generar un conducto curvo con tan poco diámetro de giro, podemos seleccionar otro tipo de conducto rectangular

con giros a noventa grados o “Codos/Tes” como se les conoce que facilitan la conexión sin ningún tipo de fallo.

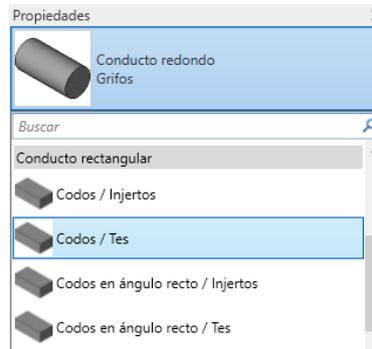


Ilustración 7.36. Familias Conductos Revit.

Para poder conseguir este apartado, se llevaron a cabo diferentes pruebas con las herramientas automáticas y manuales anteriormente comentadas, ya que, como no se estaba familiarizado con el entorno, se trató de comprender que acciones realizaban las diferentes herramientas.

### 7.8.1. Generación de Conductos de Suministro

Para explicar los diferentes métodos, se representarán todas las acciones que se llevaron a cabo para crear el suministro de aire de uno de los climatizadores de la segunda planta, al igual que se ha creado este sistema, los demás sistemas de suministro en todo el proyecto se crearán de la misma forma, a medida que se fue adquiriendo soltura con el programa, se fue escogiendo intuitivamente cual sería el método más eficaz.

Antes de comenzar a crear el sistema se tuvo que modificar la familia “Sistema de conductos” para que se representase de la manera adecuada y fuese más intuitivo. En este caso, se le adjudicó el color rojo a la hora de ser representado en las vistas de planta y los planos, y para las vistas 3D se le asignó un material nuevo, el cual fue aluminio con una capa roja para seguir representando del mismo modo.

Lo único que hay que hacer para realizar estos cambios es ir a la zona de propiedades del sistema correspondiente y modificar las casillas “Material” y “Modificaciones de Gráfico”.

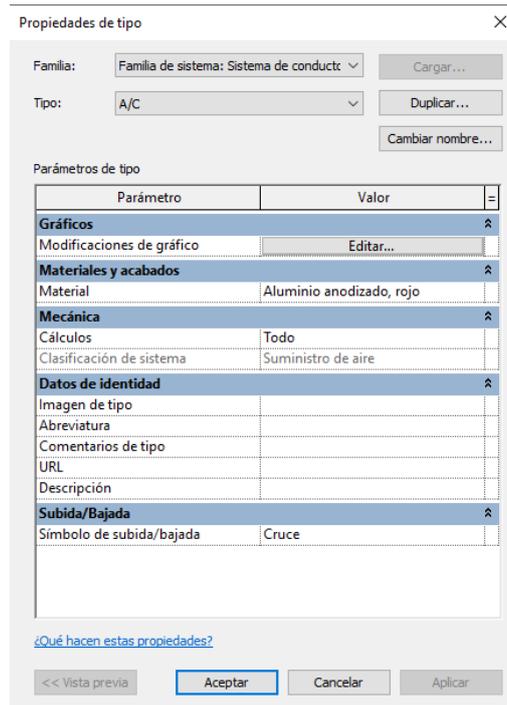


Ilustración 7.37. Modificación Familia.

El punto de partida para la siguiente explicación serán los difusores y el climatizador señalados en la siguiente figura. A partir de aquí, se comenzará con el proceso que se llevó a cabo para su completa realización. Como aclaración, se debe explicar que los difusores que aparecen han sido seleccionados como los “difusores de suministro segunda planta” creados anteriormente, para que Revit sea capaz de distinguirlo automáticamente y colocarlos con sus características correspondientes. En este caso, estos difusores, se encuentran a la altura del falso techo, y los climatizadores, unos metros por encima, a la altura de la cubierta del edificio.

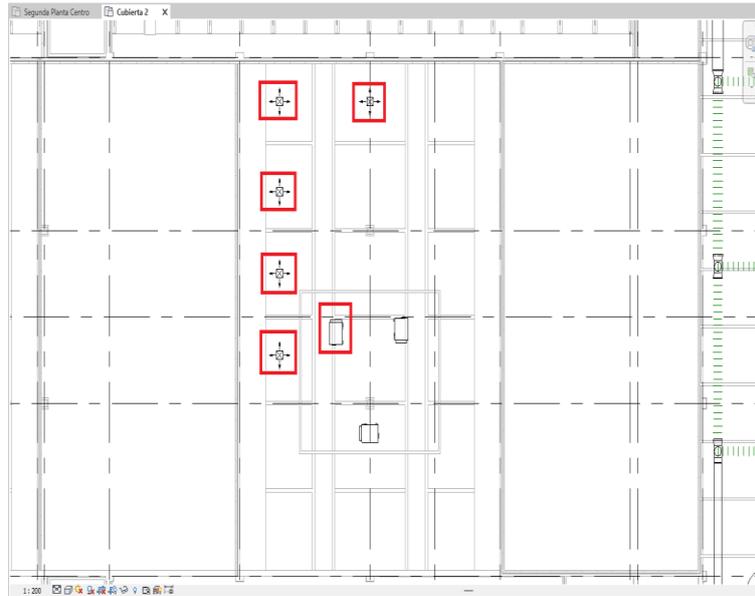


Ilustración 7.38. Punto Partida Sistema Climatización.

Como primera opción, tras haber visto los diferentes métodos en tutoriales y cursos, se decantó por la herramienta “Generar Diseño”, que nos proporcionaba una serie de caminos automáticos, como se había explicado, ya que este método a priori era el más rápido y efectivo para introducir todos los elementos del sistema en un “Único elemento” que Revit generaría automáticamente.

Una vez seleccionados todos los elementos, y haber ejecutado la herramienta “Conducto”, obtendremos el siguiente cuadro de dialogo, en el que seleccionaremos que se trata de un sistema de suministro, y en él le aplicaremos como nombre, el número que le corresponde, en este caso, CL 51, como nos indica el plano que realizamos manualmente.

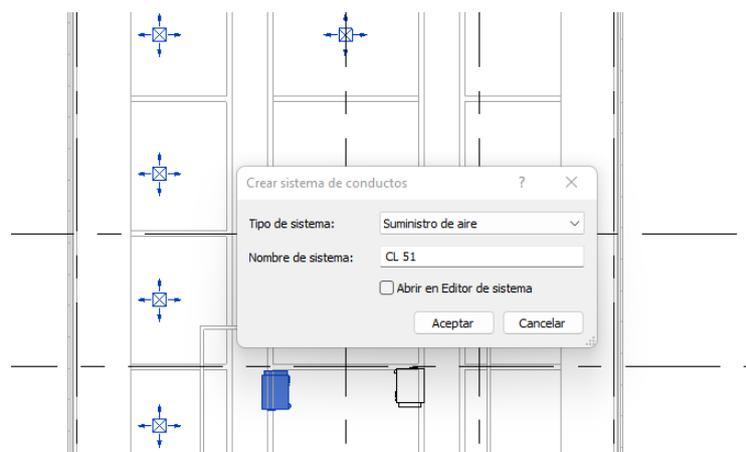
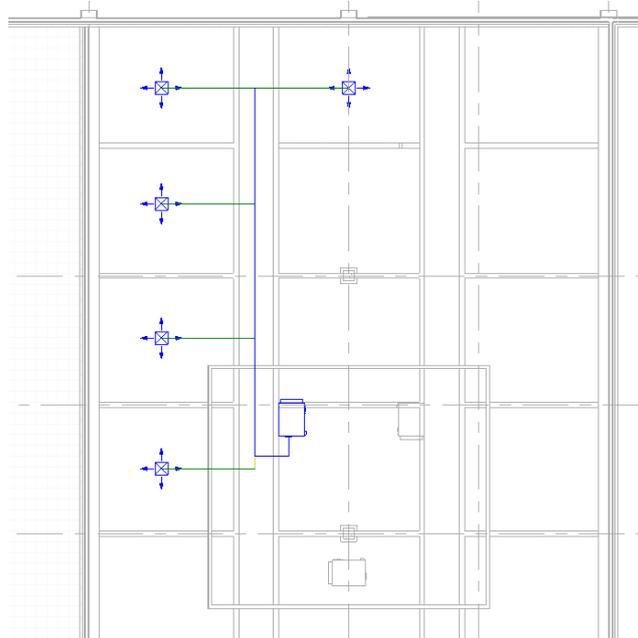
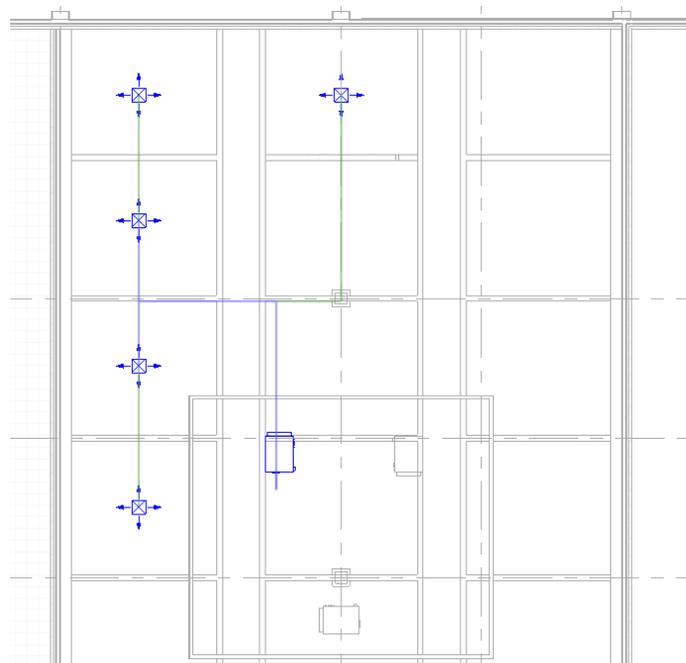


Ilustración 7.39. Cuadro Dialogo Creación Conductos.

Una vez creado el sistema, solamente se deberá seleccionar la herramienta “Generar Diseño”, la cual nos ofrecerá cuatro opciones diferentes. En las siguientes imágenes se mostrarán dos de estas opciones para poder visualizar que es lo que realiza el programa.



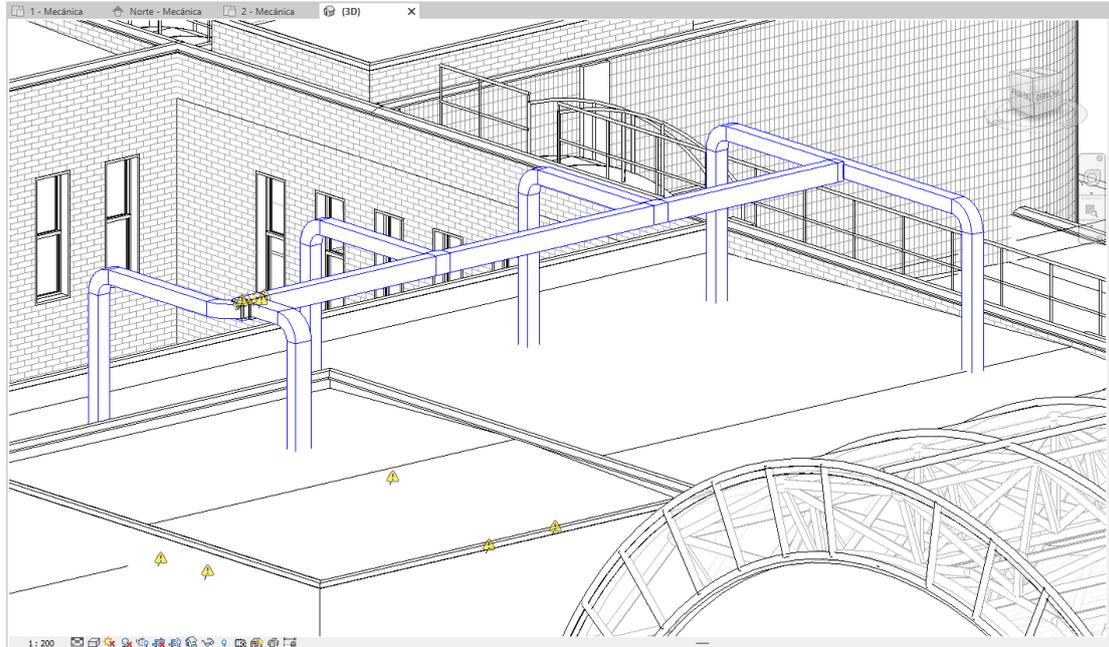
*Ilustración 7.40. Opción 1 Generada.*



*Ilustración 7.41. Opción 2 Generada.*

Entre los dos recorridos generados, se ha seleccionado el primero, ya que corresponde a un sistema más práctico a la hora de ser utilizado y montado en la realidad.

Aun así, si se utilizase la herramienta “Editar diseño”, esta nos permitiría mover los conductos. Como no se quiso realizar ningún cambio, se finalizó el diseño, y Revit creó automáticamente el modelo tridimensional con este recorrido.

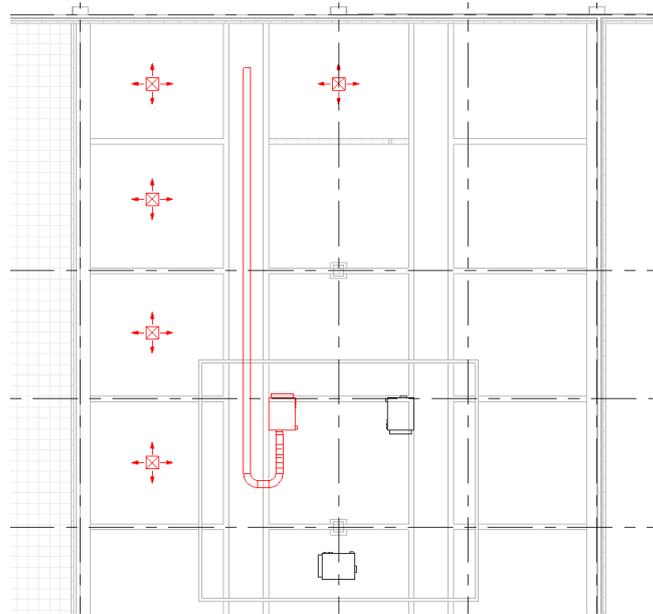


*Ilustración 7.42. Sistema de Conductos Generado.*

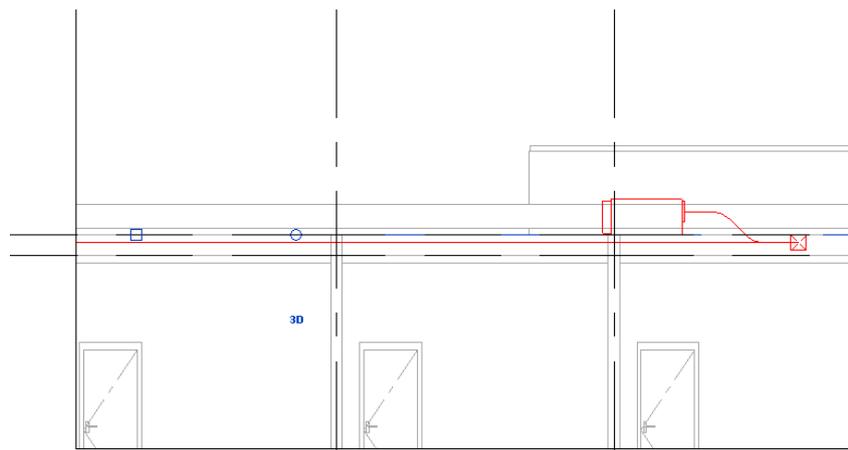
Como se puede observar, el sistema generado no tiene ningún sentido con la realidad, sale hacia el exterior del edificio un par de metros para luego bajar atravesando cualquier elemento arquitectónico que encuentre, por lo que, aunque puede hacerse así, sería un sistema ineficiente. Aparte, se puede observar en una de las intersecciones de los conductos, la cantidad de advertencias que resulta por fallos de conexiones.

Dados estos problemas, es impensable elegir este método de creación para este caso. Es cierto que con el “editor de sistemas” se pueden modificar las alturas de los conductos y hacer que estos no hagan esa elevación o corregir el recorrido que hacen, pero después de hacer varios cambios, los errores que se generaban eran aún mayores, por lo que en este caso se trató de utilizar otro método.

En este caso, se trató de hacer una combinación de entre el método manual, y el automático “Conectar a”, es decir, se decidió crear de forma manual, una tubería central que recorriese desde el climatizador hasta el final de los difusores a una altura la cual el conducto siempre estuviese entre el techo y el falso techo.



*Ilustración 7.43. Recorrido Tubería Central.*



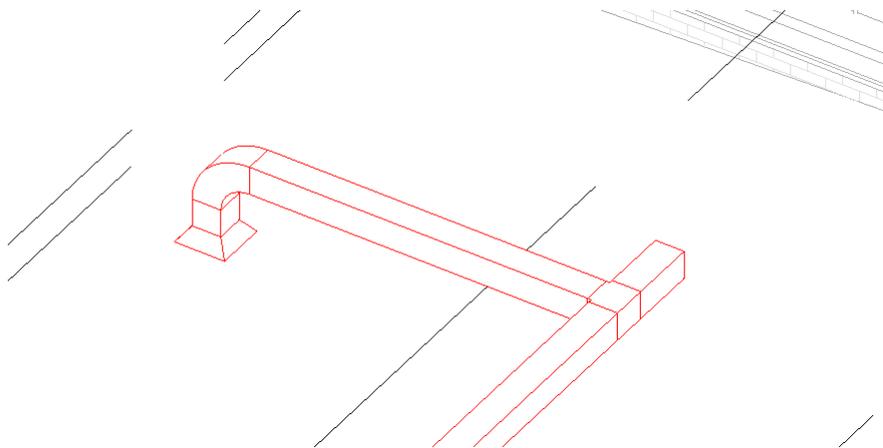
*Ilustración 7.44. Recorrido tubería Central 2.*

En las dos imágenes anteriores se puede ver la disposición que tiene la tubería central, y como atraviesa la longitud necesaria por el hueco que deja el falso techo. Una vez conseguido este recorrido, lo único que tendremos que hacer será un pequeño truco para que la herramienta “Conectar a” funcione correctamente.

En este caso, el falso techo estaba a una distancia de 370mm desde la altura de la cubierta, por lo que esta debería de ser la altura que se les aplicaron a los difusores (-370mm) para que se colocasen justo al mismo nivel que el falso techo y los atravesase.

Al utilizar la herramienta “Conectar a” directamente, como se pudo comprobar en varios tutoriales, era muy común que Revit no fuese capaz de generarlo debido a la poca distancia que se encontraba entre el conducto y el difusor, por lo que no nos dejaría continuar.

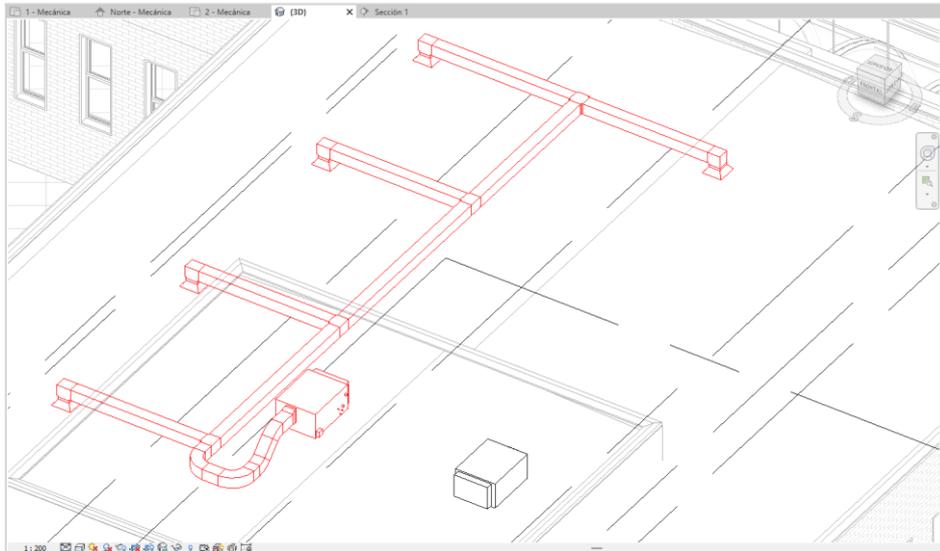
Para que esto no ocurriese, se bajó el difusor hasta una altura que le permitiese al programa ser capaz de generar esa ramificación, en este caso se desplazó hasta -700 mm, y después se conectó a al conducto usando la herramienta, algo que generó sin ningún tipo de problema y sin generar ningún fallo.



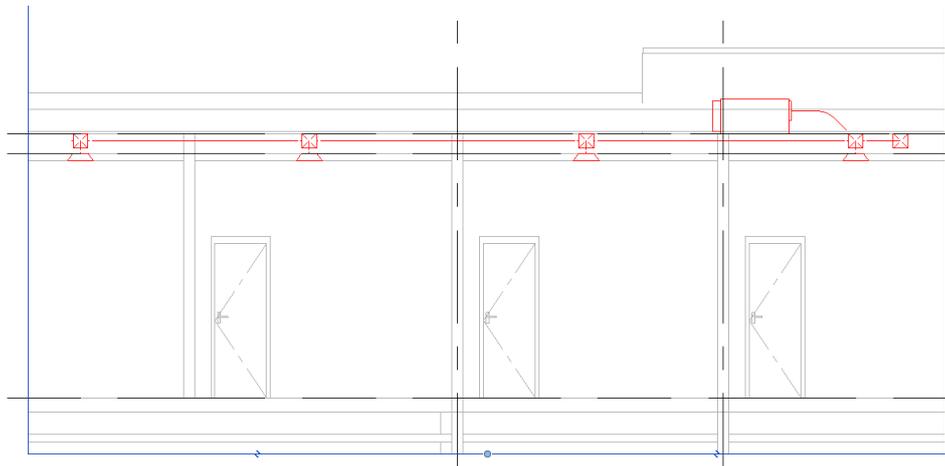
*Ilustración 7.45. Ramificación Generada con “Conectar a”.*

Como consecuencia de aplicar este método, Revit nos genera el tipo de conducto más eficiente, es decir un conducto con una geometría circular para que este tenga una mejor fluidez y no se produzcan estancamientos, el problema es que, debido a este radio de conducto, Revit no puede generar conductos en los que el radio sea muy pequeño, por lo que se deberá de cambiar a un codo rectangular el cual permitirá unir la tubería con un ángulo de 90°.

Una vez realizado el mismo paso en todos los difusores, no es un paso tan repetitivo, se puede seleccionar todos los difusores y hacer el mismo paso para todos de una sola vez, se obtendrá el siguiente modelo.



*Ilustración 7.46. Modelo 3D Obtenido.*



*Ilustración 7.47. Sección Modelo Generado.*

Como se puede comprobar, todos los elementos han quedado en su correcta posición para representar perfectamente el modelo y su correcta comprensión.

Hay que aclarar que estos mismos pasos son los que se llevaron a cabo para todos los sistemas, pero no resulta tan fácil como se ha resumido en este punto. Dependiendo de la geometría que se quiera o se deba, como se explicó en el apartado de Revit MEP, se ha tenido que ir comprobando que tipos de conductos eran más “flexibles” para representar las diferentes circunstancias, por lo que, dentro de cada sistema, se han tenido que realizar infinidad de pruebas, muchos más laboriosas que las que se presentan en este punto.

## 7.8.2. Generación de Conductos de Retorno

Para el siguiente recorrido se explicará otro de los métodos que se han tenido que utilizar. Como en el caso anterior, muchos de los conductos de retorno tendrán una tubería central y a partir de esta surgirán diferentes ramificaciones a los difusores, pero también habrá conductos en los que los difusores se encuentren justo debajo de la tubería principal, que será el caso que se explicará a continuación.

Se partirá del punto generado en el apartado anterior, para completar el sistema y representar todos los pasos que se han seguido. Al igual que en el primer punto, se modificó la familia correspondiente para aplicarle un color y un material que facilitase la comprensión del modelo.

En primer lugar, como en el caso anterior, se creará una tubería principal, pero en este caso deberá de seguir el recorrido completo a lo largo de las diferentes salas. Esta, deberá ir disminuyendo su sección a medida que avanza por su recorrido.

De nuevo, para poder generar un conducto que se desplace en el hueco que nos facilita el falso techo, se ha tenido que probar con diferentes tipos de conductos, ya que para que este no saliese, se debía de producir un desnivel muy pronunciado que a Revit le es imposible generar. Finalmente, utilizando el tipo de conducto que aparece en la siguiente imagen, se generó el recorrido completo, modificando sus secciones como se puede apreciar con las diferentes transiciones entre conductos.

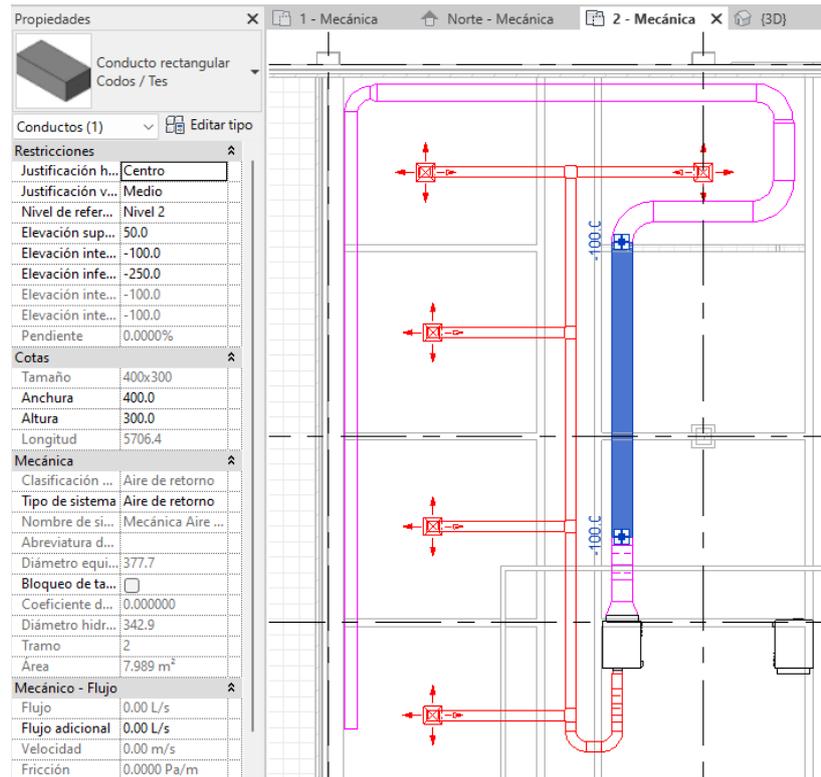


Ilustración 7.48. Conducto de Retorno 1.

Como en este caso los difusores irían bajo la tubería, la idea principal sería que colocando esos difusores con su correspondiente altura (la parte de abajo del falso techo, -370mm), Revit las conecte automáticamente tras ponerlas bajo ellas o usar de nuevo la herramienta “Conectar a”, por lo que, será lo que se realizó, se escogió el tipo de difusor que corresponde, en este caso los de retorno de la segunda planta de las clases, y se colocarán en el su lugar correspondiente.

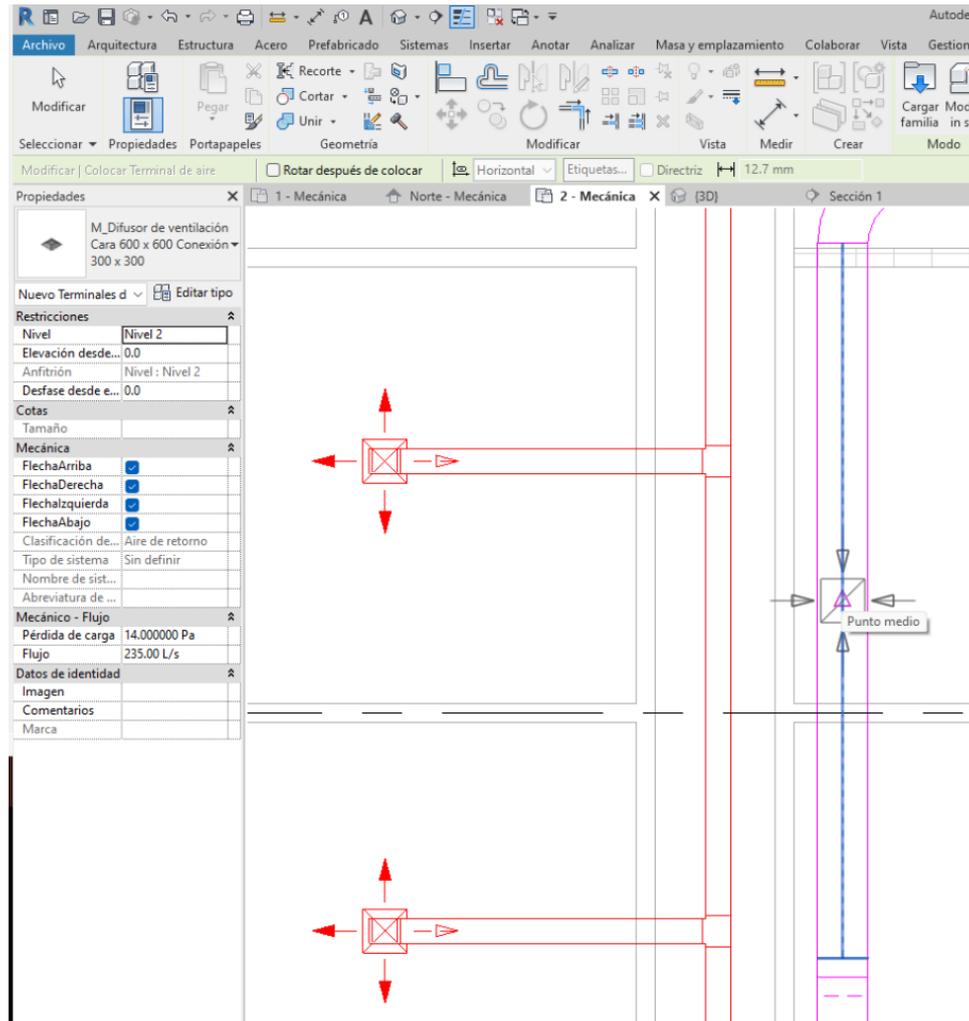


Ilustración 7.49. Conexión de Retorno 1.

Como se puede observar, una vez colocado el difusor sobre el conducto, Revit selecciona de manera automática este para explicar que será el lugar al que se conecta. En la captura de pantalla se puede observar que explica que se colocará en el punto medio de la tubería, pero se podría colocar en cualquier otro lugar.

Una vez que se elija este lugar, lo único que deberemos de hacer será pulsar sobre este y Revit lo conectará, pero, como se verá a continuación, Revit trata de conectar y fuerza el modelo, pero nos sugiere una serie de errores que nos indica que este sistema, con este tipo de conducto o difusor, no va a poder funcionar correctamente.

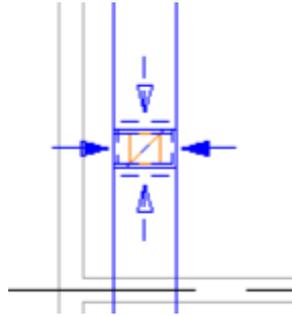


Ilustración 7.50. Zoom Error en Difusor.

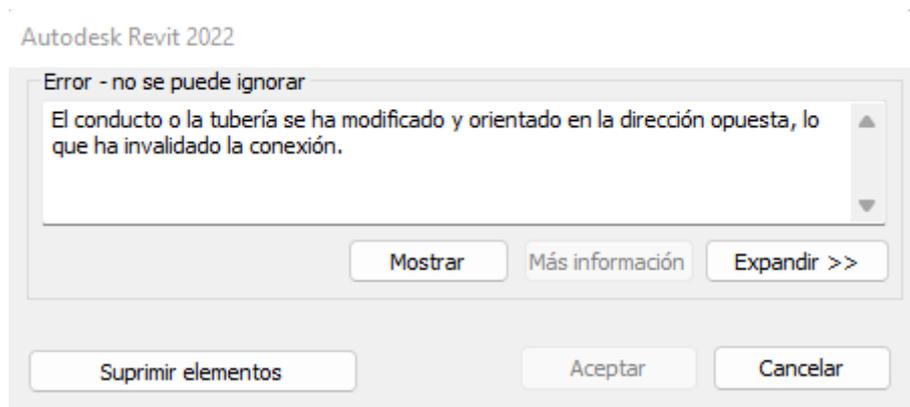
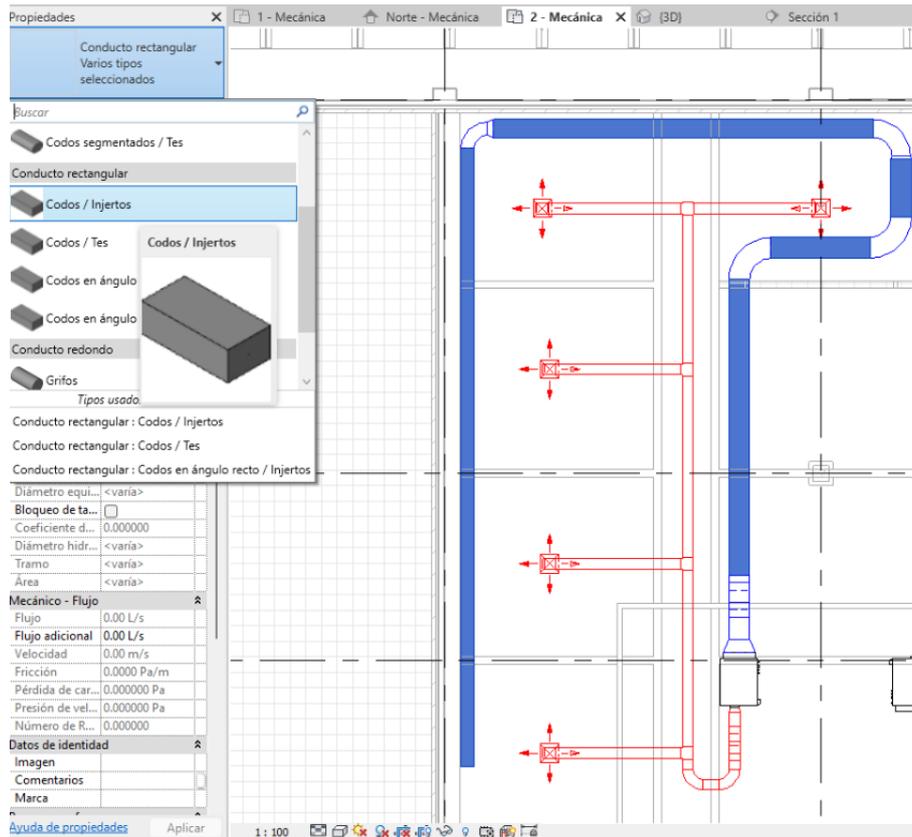


Ilustración 7.51. Cuadro Dialogo Indicador de Error.

Estas dos imágenes nos indican cuáles son los problemas que aparecen en el programa cuando ejecutamos la orden de que se conecten al conducto. En primer lugar, podemos ver cómo se ha hecho un zoom sobre el difusor para poder diferenciar el segmento naranja que aparece. Esto significa que debido a la poca distancia que hay entre el difusor y el conducto, Revit no es capaz de generar una sección nueva que nos permita conectarse.

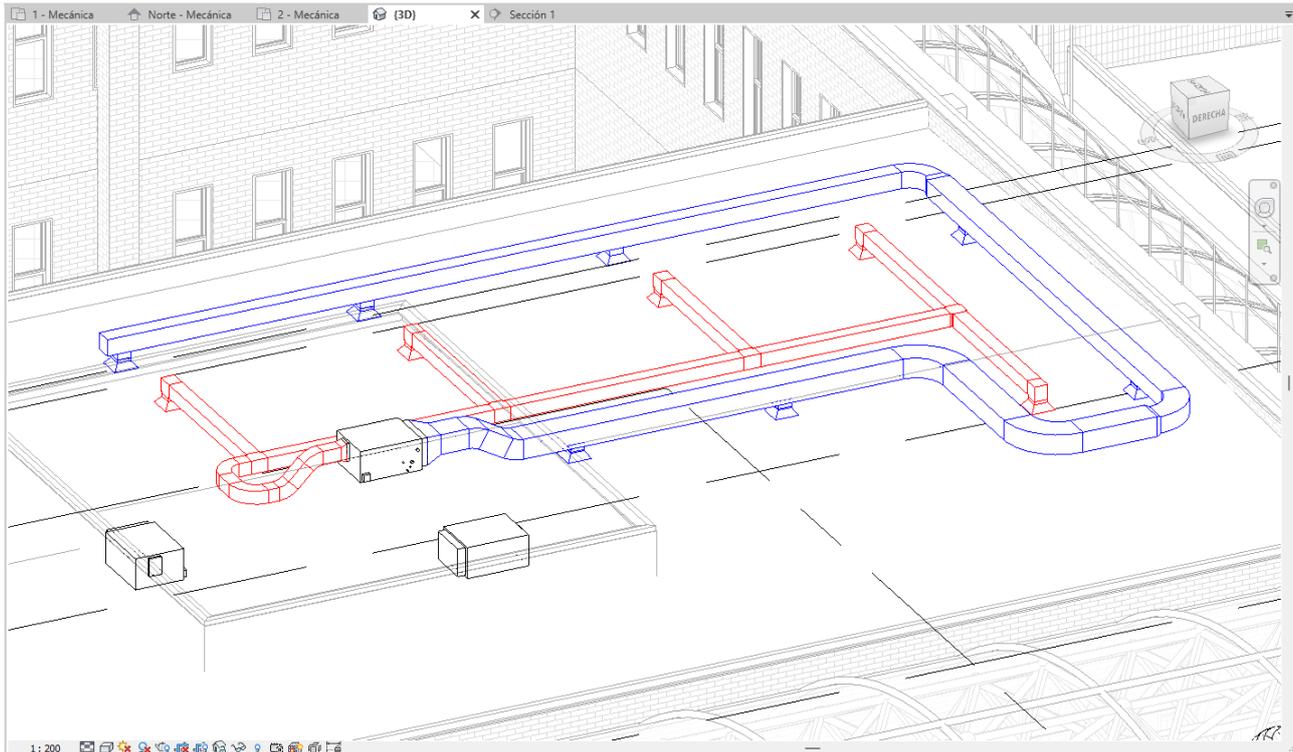
Probablemente en algunas circunstancias, utilizar el “truco” que se aplicó en el apartado de conductos de suministro de bajar el difusor hasta una altura la cual si permita generar el nuevo conducto y luego subirlo hasta la altura deseada funcione, pero para este tipo de sistemas en los cuales los difusores se encuentran debajo del conducto, la mejor manera de solucionar este problema, sería cambiar el tipo de conductos en los que se va a poner el difusor por el tipo de conducto Codos/Injertos”.



*Ilustración 7.52. Selección de Conductos Para Modificar.*

Una vez seleccionado únicamente los conductos destacados en la imagen, y modificados, se comprobará si los cambios han servido para poder generar el conducto.

Como anteriormente se ha explicado, se escogió el difusor correspondiente, y se colocó sobre los conductos modificados, pulsando sobre ellos para que Revit los colocase automáticamente. En este caso, Revit no generó ningún problema, y nos permitió crear por completo un sistema de suministro y retorno, como el que se puede ver en la siguiente imagen.



*Ilustración 7.53. Sistema climatización Generado Como Ejemplo.*

A partir de este modelo, se representará que errores comunes aparecen en Revit tras haber generado un sistema y como se deben de solucionar.

## 7.9. Inspección de Sistemas

Como se comentó en el apartado de Revit MEP, el programa nos ofrece diferentes herramientas para comprobar que el sistema está en condiciones y que podría funcionar con las características que se le aplican en ese momento.

De este modo tratando de aplicar estas ayudas a los sistemas, se han ido descubriendo diferentes errores y advertencias que explicaran como conseguir llegar al punto final para que este sistema ofrezca todas las funciones que Revit es capaz de generar.

Por una parte, se irán mostrando que errores se han podido producir en el sistema de ejemplo, y posteriormente se adjuntara una captura con el problema que se produjo en el proyecto.

La principal herramienta que se va a querer utilizar en los sistemas va a ser la anteriormente mencionada, “Inspector de sistema”, la cual nos proporcionará el flujo, la presión estática, y la caída de presión.

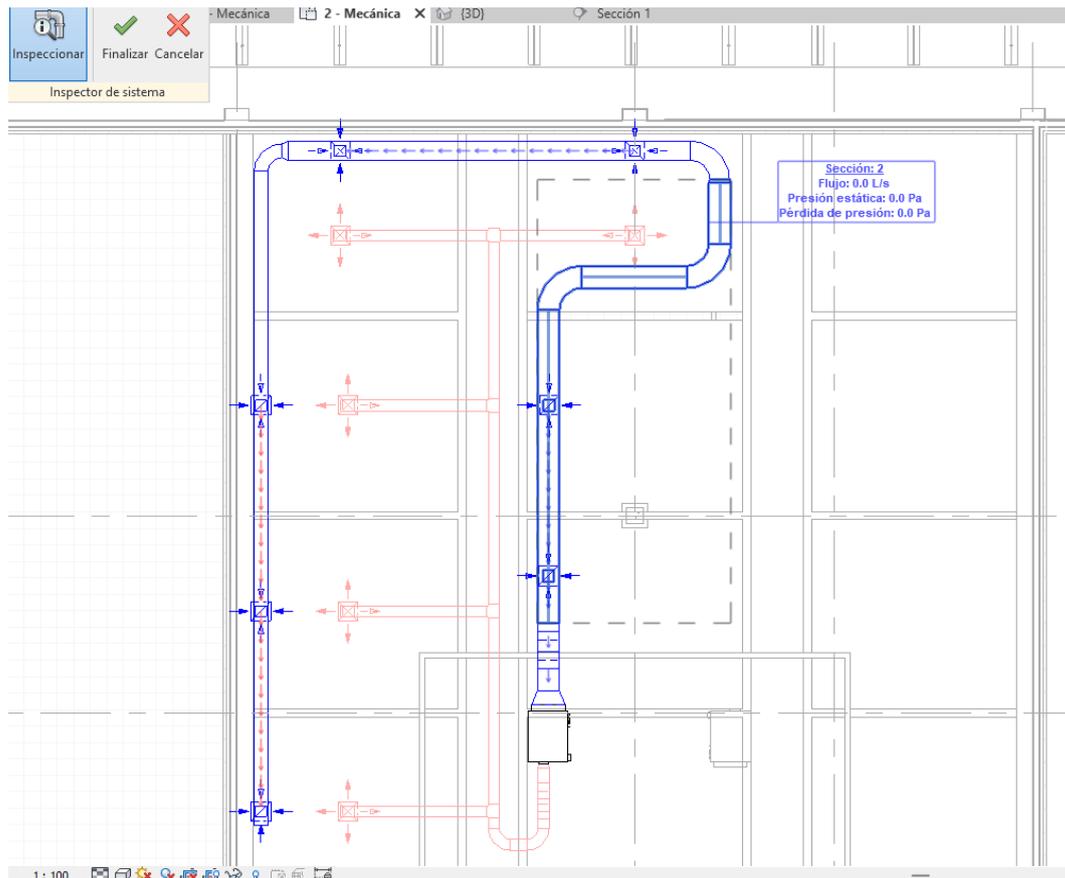


Ilustración 7.54. Inspector de Sistemas en Funcionamiento.

En la fotografía se pueden observar dos errores claves que demuestran que el circuito no está realizando su función, ya que, en primer lugar y más importante, tratándose de un sistema de retorno de aire, se puede observar como en la parte izquierda y en la parte superior del recorrido, el sistema en vez de llevar el aire de las clases hacia el climatizador, lo que hace es enviar el flujo de aire desde el sistema de conductos a las clases, algo que no debería suceder en ningún momento.

Por otra parte, en la etiqueta que nos explica las características del flujo, podemos observar que hay tramos por los que no sucede absolutamente nada, así que se deberá de analizar el sistema con otras herramientas para comprobar cuáles han sido estos problemas.

Para poder analizar el sistema de otra manera, se utilizarán las herramientas “Mostrar desconexiones” y “Comprobar sistema de conductos” en el módulo de analizar.

Tras utilizar la herramienta “Comprobar sistema de conductos”, esta no mostró ningún error, esto quiere decir que todos los elementos que se conectaron están relacionados entre sí, es decir, todos pertenecen a familias con característica de retorno si pertenecen a estos, o de suministro si pertenecen al este otro.

Sin embargo, al utilizar la otra función, Revit nos indica que se encuentran diferentes fallos, y todos ellos contienen la misma etiqueta, que informa que los diferentes elementos tienen uno de sus conductos abiertos al aire, y por eso no puede trabajar correctamente.

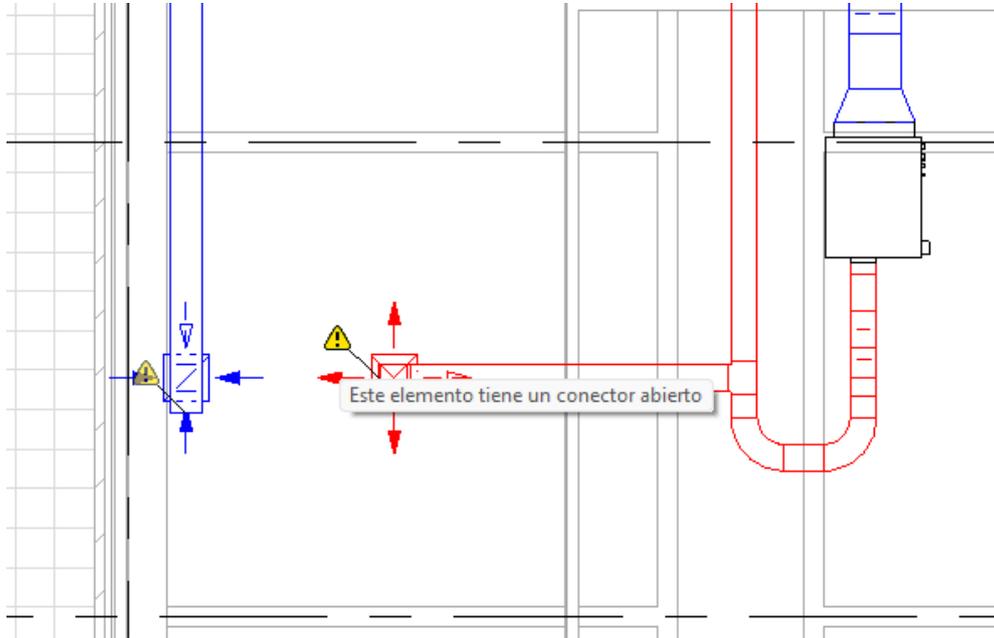


Ilustración 7.55. Errores Conductos 1.

Estos dos errores probablemente sean los más fáciles de solucionar, ya que el que se encuentra en el conducto azul de retorno se debe a que Revit no cierra los conductos cuando se dejan de dibujar, es decir, deja el agujero abierto por si en algún momento quieres continuar, y el segundo, se debe a que como en el apartado de conductos de suministro, la sección circular se cambió por un codo de 90°, esta tiene otra salida recta que se genera automáticamente para continuar con la tubería en esa dirección, pero en este caso no era necesaria y se deberá cerrar.

La solución para poder cerrar estos conductos es muy sencilla, solamente se deberá de seleccionar a la vez todos los elementos que contienen la advertencia que Revit aplica, y debido a que todos tienen la misma característica de no estar cerrados, en la parte superior de la pantalla, Revit nos ofrece la función “Taponar extremos abiertos”.



Ilustración 7.56. Función taponar extremos abiertos.

Una vez aplicada esta acción Revit deberá incluir un mensaje en el cual se indique el número de tapones que se han añadido.



Ilustración 7.57. Mensaje Revit.

Si una vez obtenido este mensaje todas las advertencias que había en el sistema deberían de desaparecer y esto produciría que ya se puedan hacer cálculos y mediciones en él. Como se puede observar en las siguientes imágenes, tanto el sistema de suministro como el de retorno funcionan a la perfección. Ambos dirigen el flujo del aire en las direcciones correspondientes sin ningún tipo de desviación.

Es cierto que los valores de flujo y presiones probablemente no tengan nada que ver con los de la realidad, pero esto debido a la falta de información que no se pudo proporcionar por parte de los servicios de la Universidad, no se fue capaz de comparar, pero gracias al modelo, en el momento en el que se tenga cualquier información, todos los parámetros que se introduzcan en los archivos hará que Revit genere datos nuevos automáticamente y entonces si se podrá valorar los diferentes datos.

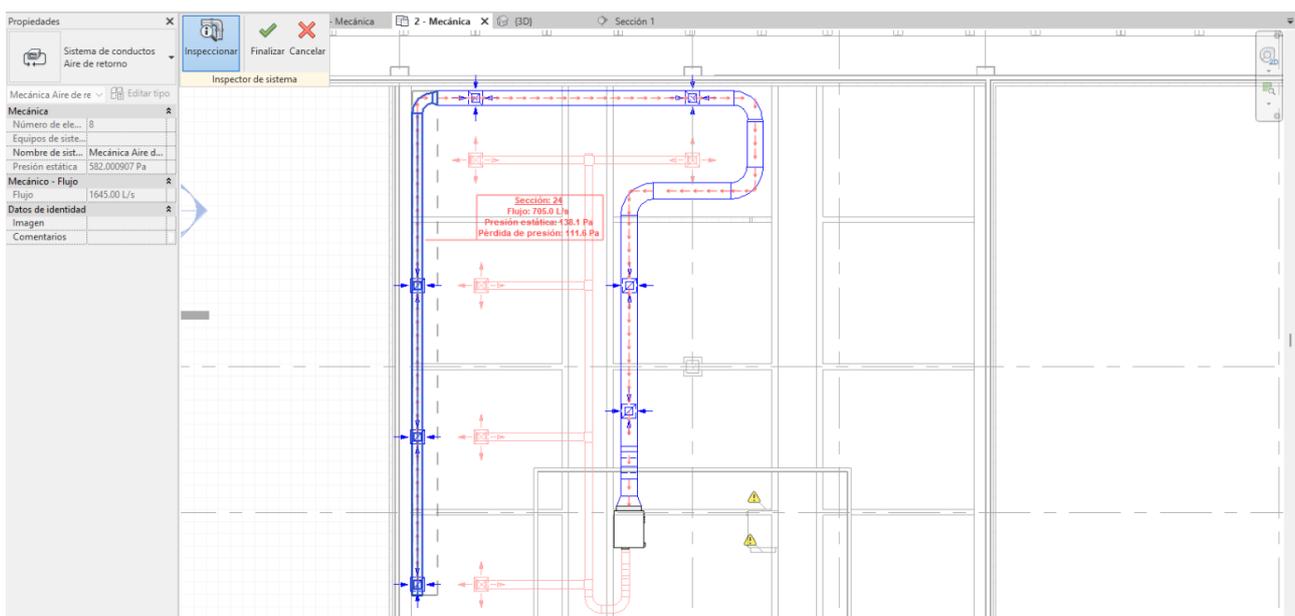
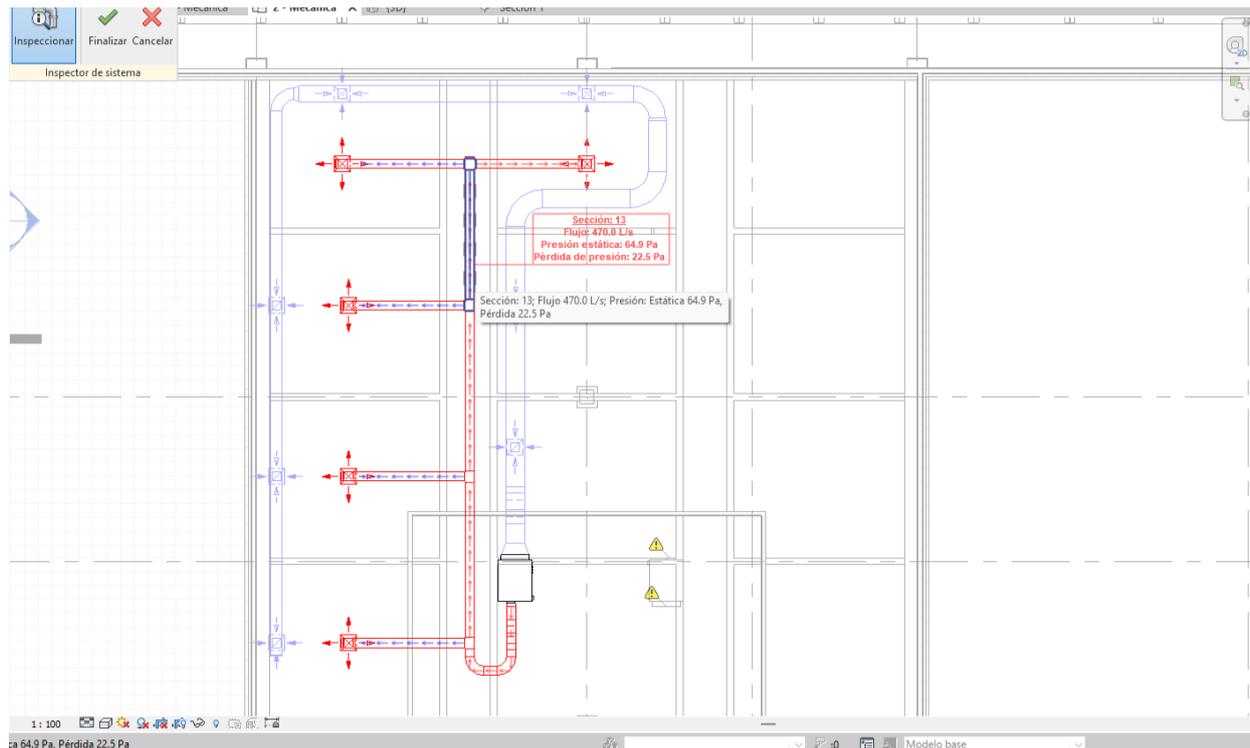


Ilustración 7.58. Sistema Retorno Completo.



*Ilustración 7.59. Sistema Suministro Completo.*

Como se ha visto en el ejemplo, seguir estos pasos ayuda en gran medida a ir construyendo los diferentes sistemas sin que se vaya produciendo ningún error, pero estos pasos son fruto de haber ido trabajando con las diferentes opciones que nos ofrece Revit, ya que, si no se está familiarizado con el ambiente, muchas de las características que se han explicado anteriormente no podrían ser aplicadas desde un principio.

Como ejemplo más claro de los problemas que han sucedido a lo largo del proyecto, se debe representar uno de los problemas más grandes. Después de haber realizado el proceso de creación de todos los conductos, y de no tener el conocimiento de los errores que se podían producir, este fue el resultado que se obtuvo en una de las plantas del edificio tras pensar que se había generado correctamente.

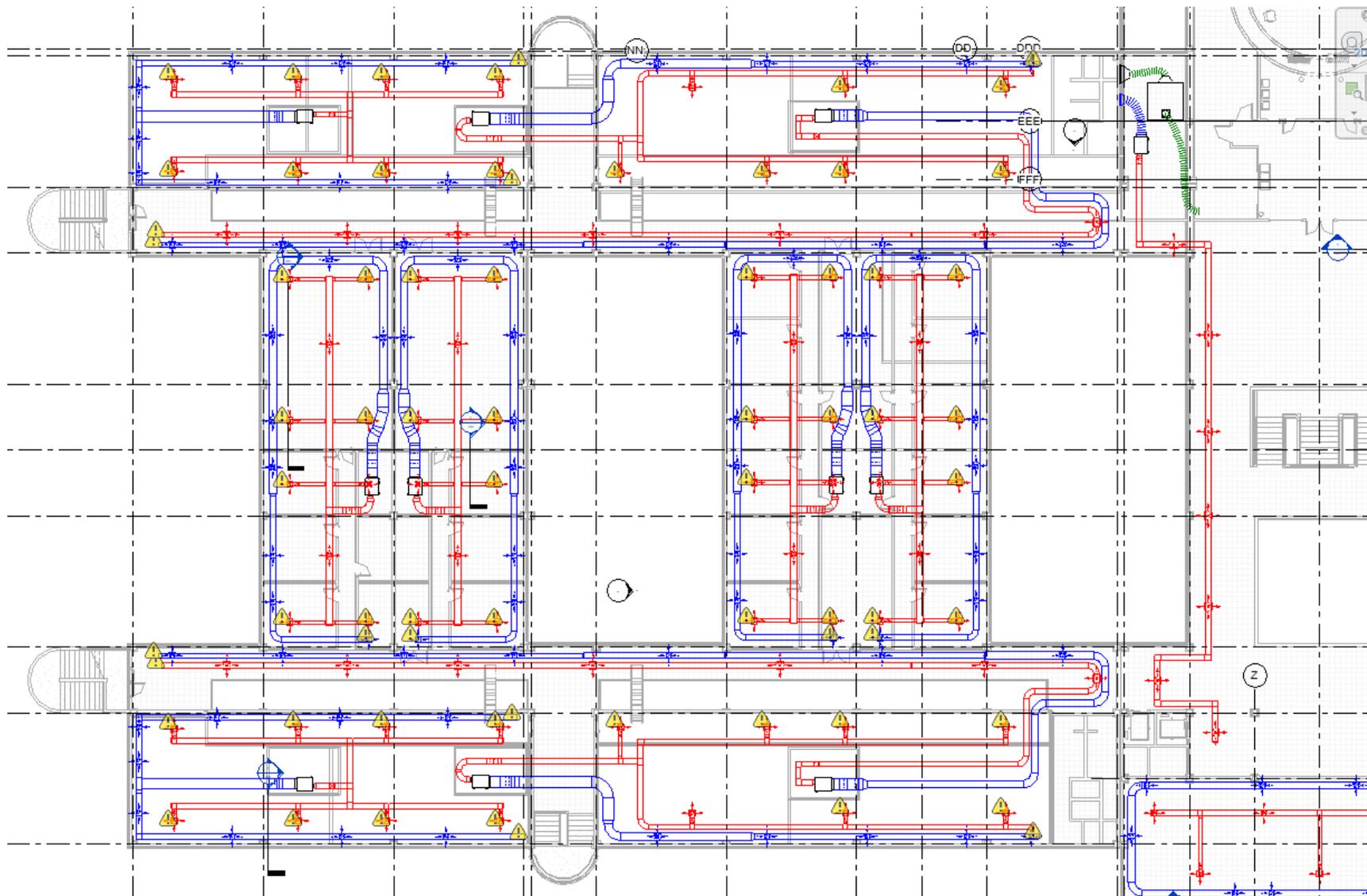


Ilustración 7.60. Errores en Sistemas.

Este gran fallo se produjo por la mala gestión del trabajo que se fue realizando. Si una vez terminado de hacer el sistema se hubiese asegurado de que no se había dejado ningún conducto abierto, se hubiese ahorrado una gran cantidad de tiempo que tuvo que ser empleada en seleccionar todos los elementos y aplicar el mismo sistema que en el ejemplo.

Por eso es tan importante tratar de gestionar la información y el proyecto a medida que vamos realizando una pequeña serie de pasos, para que no puedan ocurrir estos sucesos. Una vez que se detectó este problema, a medida que se iban generando los sistemas se fue comprobando uno a uno cada sistema para que no se volviese a producir el mismo error.

Sin embargo, aunque se fue comprobando el circuito en cada momento, se produjeron otro tipo de errores que se encontraron con la herramienta “Comprobar sistema de conducto”. En este caso fue debido a fallos humanos, ya que se confundió algún elemento y se introdujo en el tramo que no le correspondía.

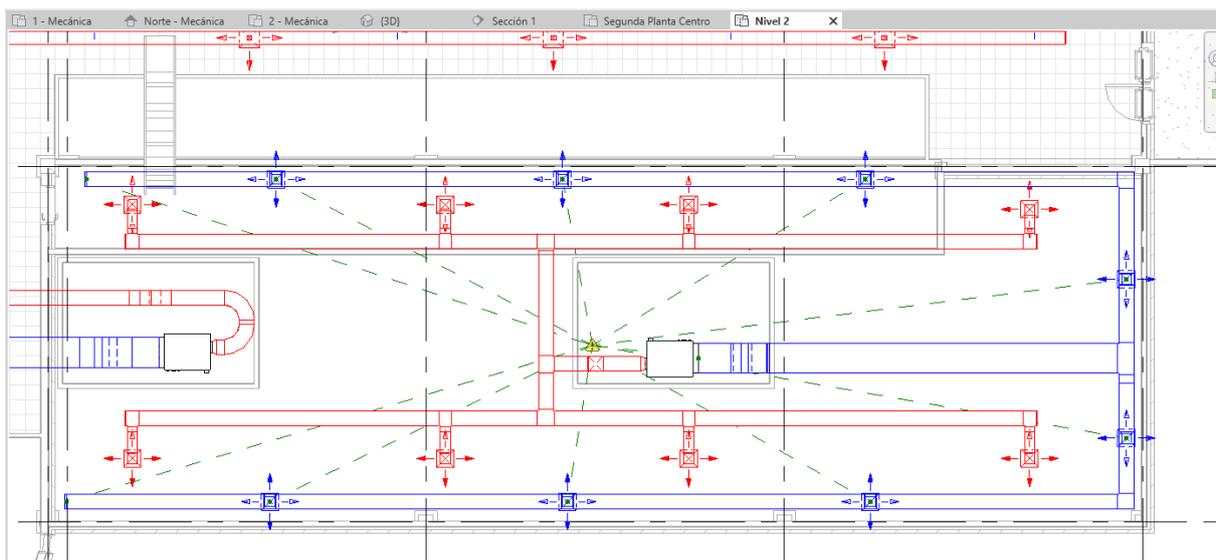


Ilustración 7.61. Advertencia “Comprobar Sistema de Conductos”.

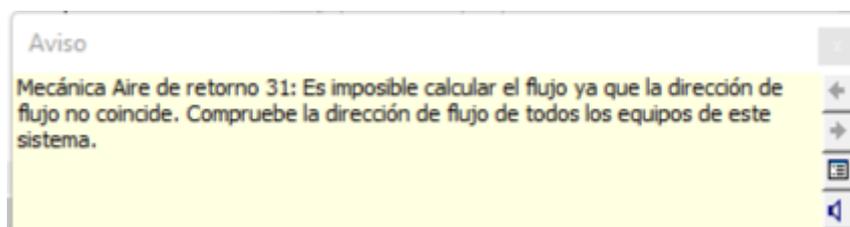


Ilustración 7.62. Mensaje Error “Comprobar Sistema de Conductos”.

Como se puede observar en la primera imagen, Revit nos señala todos los elementos incorrectos seleccionados, facilitándonos la visualización del problema. En la segunda imagen podemos ver el

mensaje que viese asociado a ese símbolo de advertencia, explicándonos que, debido a los difusores, que tienen una dirección de flujo diferente a la de los conductos, se produce un error y no le deja hacer los determinados cálculos.

Lo visto en este apartado ha sido un pequeño resumen de todos los fallos que se han tenido que ir solucionando en el tema de los sistemas de climatizadores, ha habido infinidad de ellos en comparación con los que aquí se han expuesto, pero se resumió un pequeño número de ellos para poder solucionar los errores más comunes que se sufrieron durante todo el proceso.

## **7.10. Cambios en el Modelo Arquitectónico Original**

Como ya se había comentado, el modelo de la climatización se creó sobre el modelo arquitectónico que una compañera había realizado. Cabe aclarar que el modelo estaba en perfecto estado y se había realizado un trabajo impoluto, pero como es normal en este tipo de proyectos en los cuales sería necesario más de una persona para completarlos con total exactitud, al haberlo hecho solo una persona, quedaron por definir una serie de pinceladas que, a la hora de gestionar nuestro modelo, se tuvieron que cambiar en su proyecto, para que después se actualizase correctamente en el nuestro.

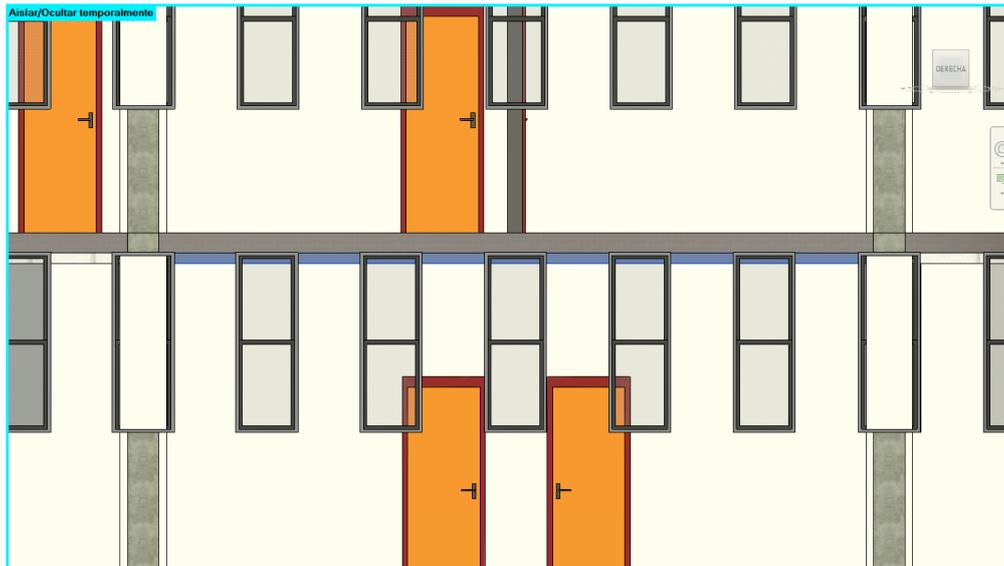
## **7.11. Falsos Techos**

El principal problema detectado en el modelo original fue la falta de distancia entre el techo y el falso techo que había en la planta baja y en la planta primera. En la segunda planta, como se vio en el ejemplo del apartado anterior, sí que se había realizado un hueco para poder introducir los conductos de ventilación, tuberías y red eléctrica, pero en las otras dos plantas, por algún motivo no se había llevado a cabo.

Como se puede ver en la siguiente imagen, esta fue la disposición del edificio que se encontró cuando se quiso seguir avanzando con los sistemas de climatización.



*Ilustración 7.63. Captura de Pantalla Falsos Techos Modelo Original.*



*Ilustración 7.64. Captura de Pantalla Modelo Original 2.*

En estas dos imágenes se puede ver con claridad que sería imposible montar el sistema de climatización, por lo que, no teniendo datos de a que distancia se colocaba el falso techo en el edificio, se volvió a acudir personalmente para realizar medidas en primera persona.

Con ayuda de una escalera y un compañero para proporcionar la estabilidad de la escalera, se desmontaron una serie de pales del techo para poder tomar medidas con claridad de nuevo.



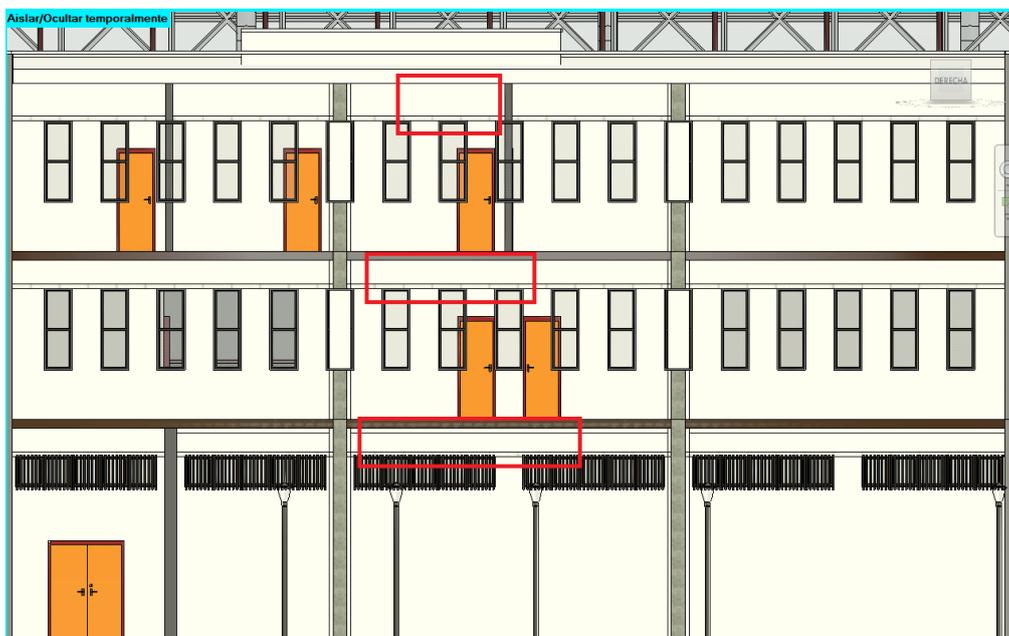
*Ilustración 7.65. Mediciones de los Falsos Techos.*

Se obtuvo que la distancia entre la parte baja del falso techo, y el propio techo era de 60 cm, por lo que, en nuestro modelo, debido a que la anchura del techo según los planos del modelo original era de 20 cm, tuvimos que aplicarle un desnivel de -80 cm para que el espacio para los sistemas fuese similar tanto en el modelo como en la realidad.

En las capturas de pantalla también se puede observar como las ventanas no están colocadas en su posición, ya que se vería el falso techo a través de ellas, por lo que, una vez modificado el falso techo, y colocado en su lugar original, lo que se hizo fue colocar todas las ventanas a una altura la cual el marco superior de la ventana coincidiese con la parte más baja del falso techo, lo que provocaría que la luz pasase correctamente.

Como ha habido zonas del edificio que no se pudo obtener la medida de la altura del falso techo, lo que se hizo fue bajar todos los falsos techos a la misma altura, suponiendo que todos los sistemas de climatización ocuparían el mismo espacio.

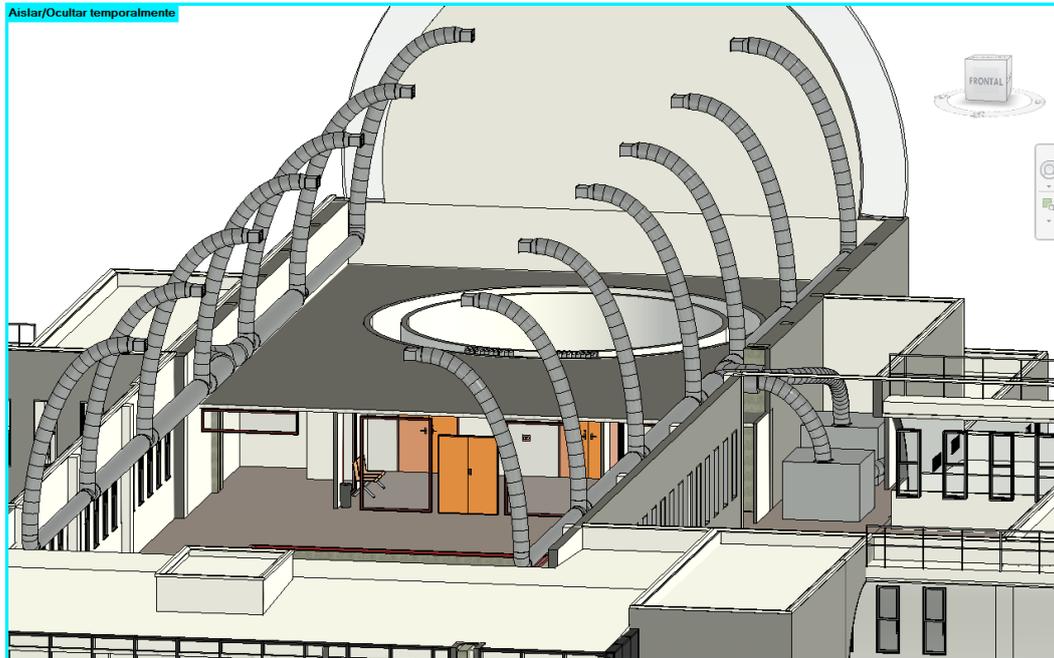
Una vez realizados todos estos cambios, el resultado final obtenido ha sido este, donde se pueden apreciar claramente los diferentes modelos. Una vez realizado, para que se cargue en nuestro modelo mecánico, lo único que tendríamos que hacer sería volver a cargarlo en nuestro archivo en el historial de proyecto y este se actualizará sin ningún problema.



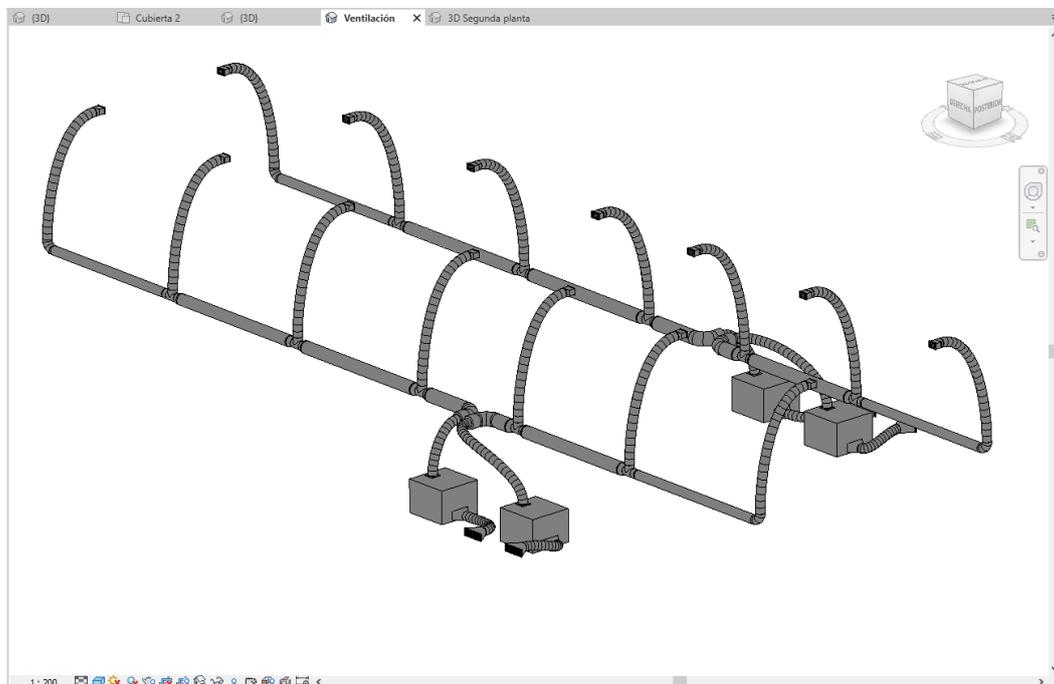
*Ilustración 7.66. Modelo Original Falsos Techos Correctos.*

El principal objetivo que se había fijado cuando se llevó a cabo el modelo original, era representar las modificaciones que se habían llevado a cabo en el proceso de remodelación de la cubierta.

Acompañado de esto, era evidente tratar de conseguir el sistema de climatización que trabaja en la segunda planta del edificio, por lo que, en el modelo original parte del sistema de climatización ya se encuentra representado.



*Ilustración 7.67. Climatización Cubierta Original.*



*Ilustración 7.68. Sistema Ventilación Original.*

Como se puede observar en las dos imágenes anteriores, el sistema de ventilación de la cubierta del edificio estaba suministrado mediante los dos climatizadores que se representan. Tras haber realizado los diferentes estudios de manera personal, se descubrió que el sistema no funciona de esta manera.

En la siguiente fotografía se podrá comprobar como verdaderamente trabajan estos. Es cierto que la disposición que se realizó era la correcta, y llevarla a cabo supone un gran esfuerzo de trabajo debido a la geometría, pero la zona de la cubierta solo esta suministrada por uno de los climatizadores de cada sala, el otro, corresponde a los pasillos centrales de la planta inferior.

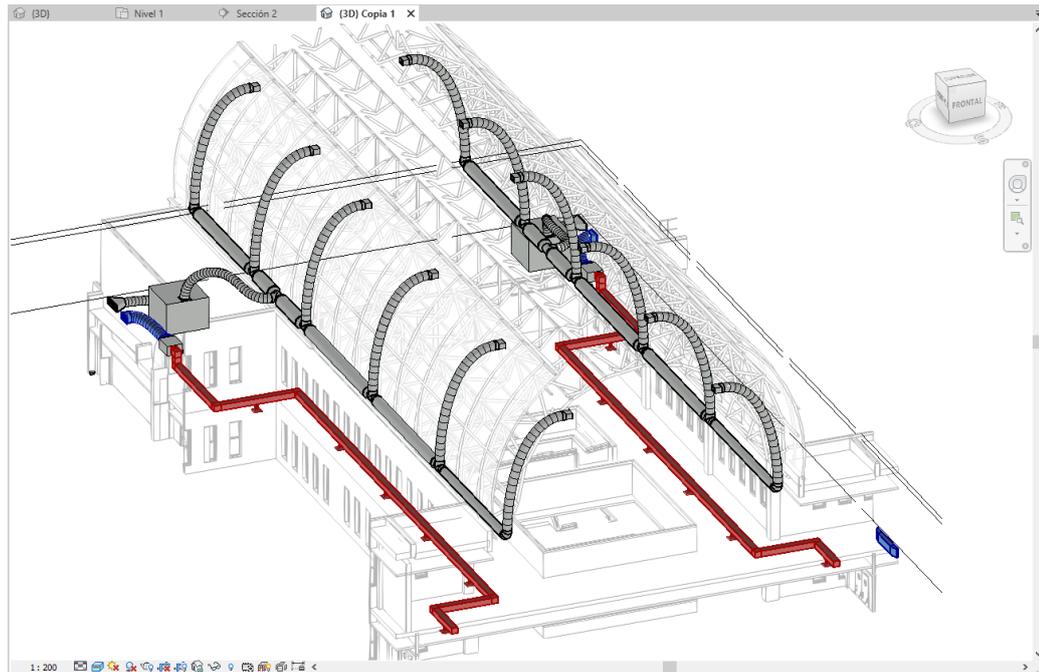


*Ilustración 7.69. Sala de Climatizadores Edificio.*

Como se puede observar en la imagen, se corrobora que únicamente uno de los climatizadores suministra con el conducto principal que se puede ver al pasillo de la cubierta central.

Debido a esto, se llevó a cabo la modificación en el modelo original para que pudiese trabajar correctamente en el nuevo generado. Para su correcta representación se eliminó el climatizador correspondiente a la planta inferior, y la bifurcación que existía entre los conductos para que ambos suministrasen aire.

Se volvió a cargar el modelo original en el proyecto, y una vez que se corroboró que podía trabajar correctamente, se creó un sistema de suministro y de retorno realizando pruebas como se explicó anteriormente obteniendo el siguiente resultado.



*Ilustración 7.70. Captura de Pantalla Modelo Final.*

## 7.12. IFC en el Modelo

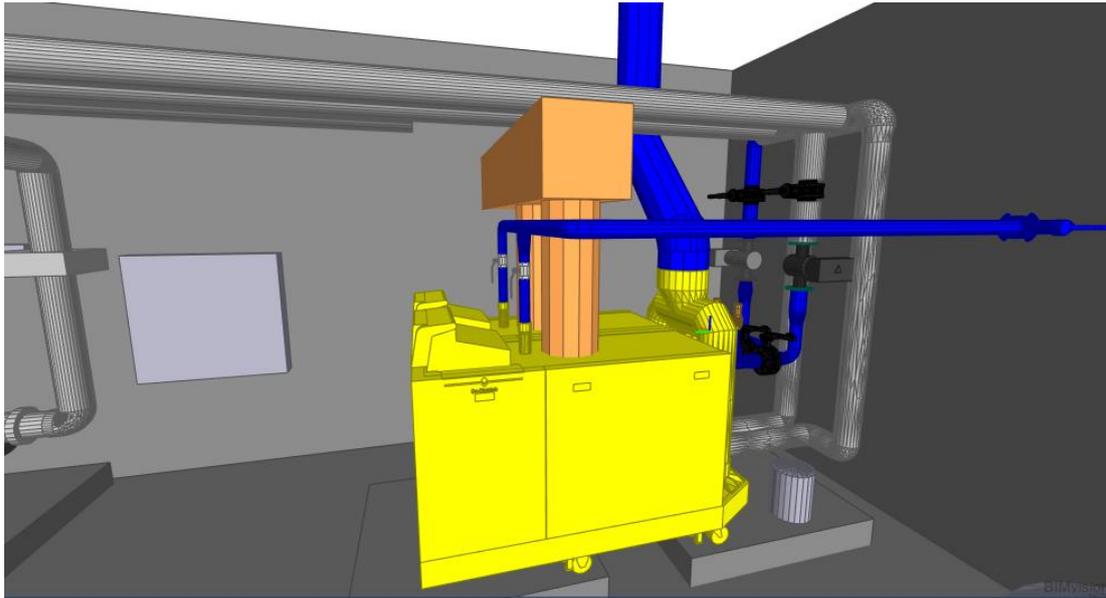
Parte de la nueva forma de trabajo que se quiso adquirir durante proyecto es la familiarización con los formatos de datos abiertos que se explicaron en la parte teórica de la memoria. Como primera toma de contacto ante este tipo de formato, se recibió un archivo IFC de parte de la Universidad, la cual estaba trabajando en el modelado de la nueva sala de calderas que se ha reformado recientemente.

El software con el que se ha realizado el modelo desde la Universidad es un software con el que nunca se ha tenido contacto a la hora de trabajar, por lo que, si en este caso, se tuviese que trabajar estrictamente con él, se debería de llevar a cabo un proceso de aprendizaje que llevaría un coste de tiempo muy grande para la realización del proyecto.

Para su visualización, se descargó un visor gratuito, BIMvision, que permitió observar todas las características que se le habían asignado a cada uno de los elementos del modelo.

En la imagen se observa el nuevo entorno de trabajo en el que se creó este modelo. A simple vista se puede observar que tienes una visualización similar a Revit, por lo que resultó sencillo habituarse a este nuevo método de trabajo para llevar a cabo una comprobación más de reconocimiento que para tratar de modificar ningún elemento, algo que seguro dificultaría nuestro trabajo.





*Ilustración 7.73. Captura BIMvision 2.*

Se puede apreciar el alto nivel de detalle que nos presenta este visor, pudiendo diferenciar con facilidad los diferentes elementos que trabajan en el modelo, parte gracias seguramente debido al trabajo que se ha realizado para que cada parte contenga todas sus características, materiales, modelo, números de serie, etc.

Por otra parte, toda esta información se puede ver fácilmente reflejada en el nuevo navegador de proyecto, en este caso denominado “Estructura”, en el cual se podrán observar todas las propiedades y relaciones que se encuentran en los diferentes elementos, algo que facilita la comprensión de la infraestructura para una persona que no ha trabajado en ningún momento con este archivo y necesita información para llevar a cabo algún proyecto sobre este.

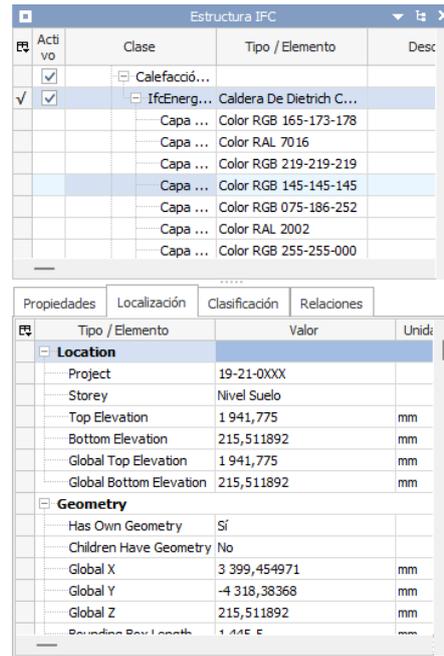


Ilustración 7.74. "Estructura" BIMvision.

Para gestionar este nuevo formato, y tratar de comprender su sistema para próximos proyectos, lo que se realizó fue convertir este archivo en un modelo de Revit, el cual se podría modificar estructuralmente a nuestro gusto y con los conocimientos anteriormente adquiridos.

Para crear este nuevo modelo, únicamente se deberá se deberá realizar un paso similar al que se realizó cuando se vinculó el archivo Revit a la plantilla mecánica, pero en este caso se utilizará la herramienta "Vincular IFC", que se encuentra en el módulo "Insertar" de Revit.



Ilustración 7.75. Herramienta "Vincular IFC".

Una vez vinculado el modelo, se obtendrá el siguiente archivo de Revit, el cual se podrá abrir con total normalidad como si se tratase de un archivo cualquiera.

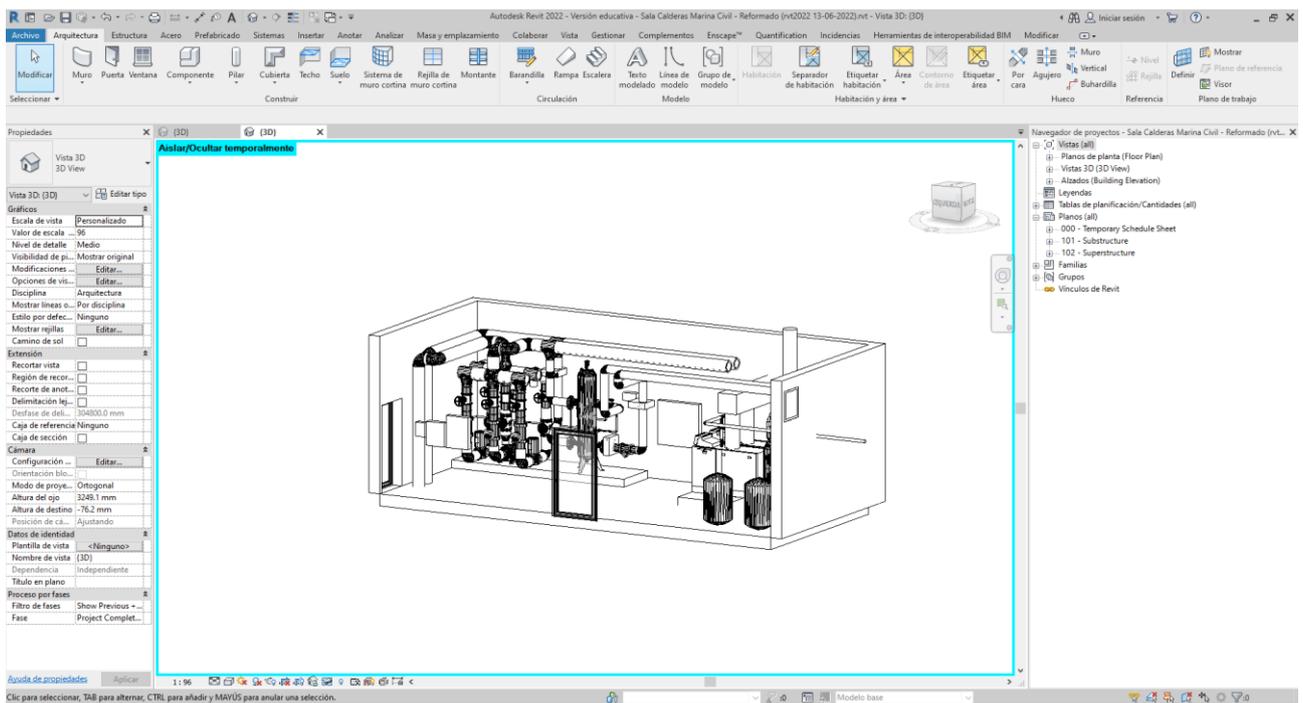
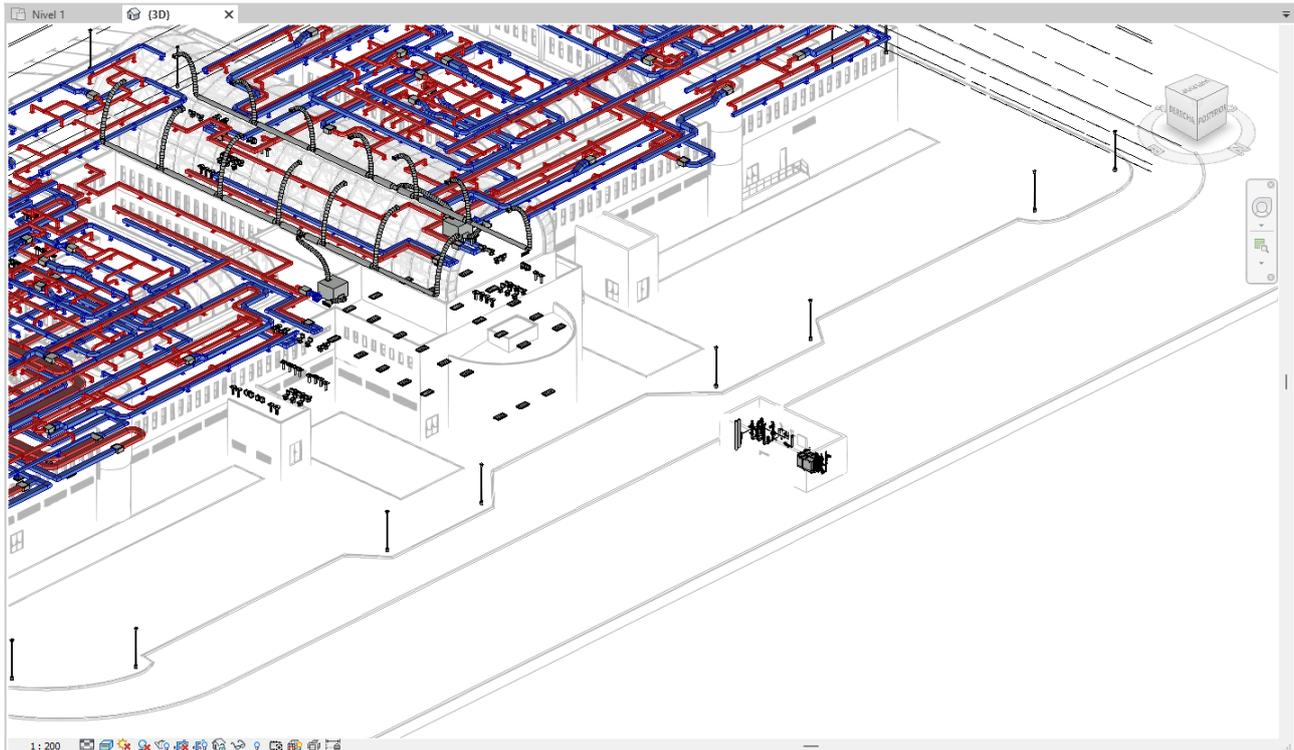


Ilustración 7.76. IFC Vinculado a Revit.

Para introducir esta nueva infraestructura se podía haber utilizado el mismo método que para cargar el edificio, pero se valoró como el sistema de calefacción, así que se hizo uso de una herramienta más tradicional, “copiar”.

Lo único que se tendrá que hacer es seleccionar todos los elementos en el archivo IFC generado, y acudir al modelo donde se encuentra toda la instalación. Una vez ahí, solamente se deberá utilizar la herramienta “Pegar desde Portapapeles”, que se encuentran en el módulo “Modificar”, y en el cuadro de dialogo emergente, seleccionar el nivel al que se quiere colocar, en este caso, se eligió el mismo nivel que el del edificio, haciéndolo coincidir con la realidad.

Para que la visualización del modelo quedase correcta y esta nueva sala de calderas no quedase flotando en el espacio, se tuvo que aumentar el terreno sobre el que se asentaba el edificio. Para ello se accedió al archivo original, y se editó el terreno que se había creado.



*Ilustración 7.77. Modelo con Ampliación del terreno.*

Una vez completado el modelo, se realizó el proceso a la inversa. Como lo que se quiere conseguir es que todos los integrantes de una obra o los encargados de la manutención del edificio tengan la información necesaria, transformaremos este archivo Revit a un archivo IFC.

Como no se tiene conocimiento sobre el programa que utiliza la Universidad para generar sus proyectos, esto servirá para que el archivo IFC que se envíe sea exportado al software correspondiente. Como se lleva comentando durante todo el trabajo, en este punto es donde le vamos a sacar el máximo rendimiento al formato IFC, generando un nuevo archivo que no produzca pérdida de información y que permite el acceso a todo el mundo.

Para poder obtener el archivo IFC solamente se deberán de seguir una serie de pasos muy sencillos. En primer lugar, ir a la pestaña “Archivo” de nuestro modelo en Revit, y una vez en el menú desplegable, entrar en las opciones de “Exportar”. Dentro de este menú se podrán encontrar diferentes opciones, pero en este caso, seleccionaremos la herramienta “IFC”, la cual generará el archivo automáticamente.

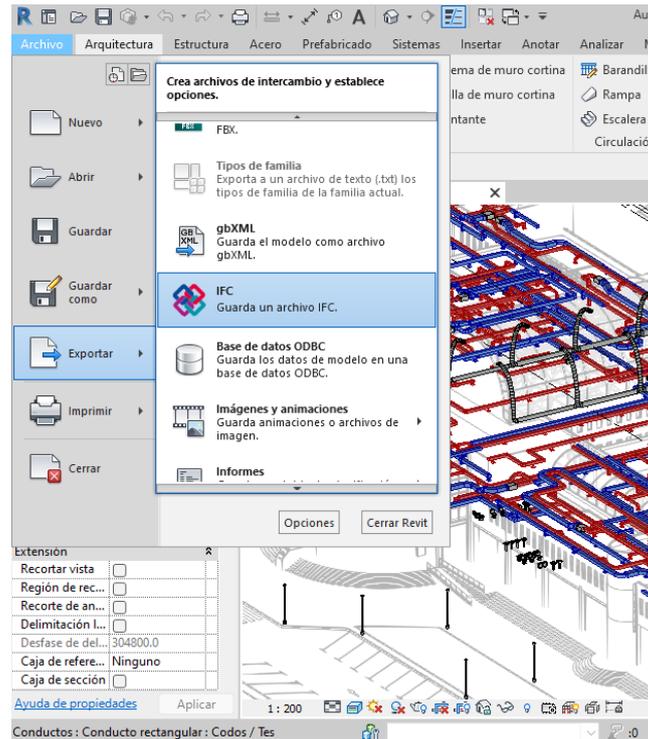


Ilustración 7.78. Convertir archivo a IFC.

Una vez seguidos los siguientes pasos, aparecerá el siguiente desplegable, el cual dejará seleccionar cual será el destino donde se quiera guardar y su nombre. También aparecerán las diferentes versiones IFC en las que se puede guardar el archivo y los elementos asociados a el archivo que queremos exportar. En este caso no se tiene la experiencia suficiente para elegir la versión que mejor se vaya a adaptar al proyecto, por lo que se ha dejado la opción predeterminada.

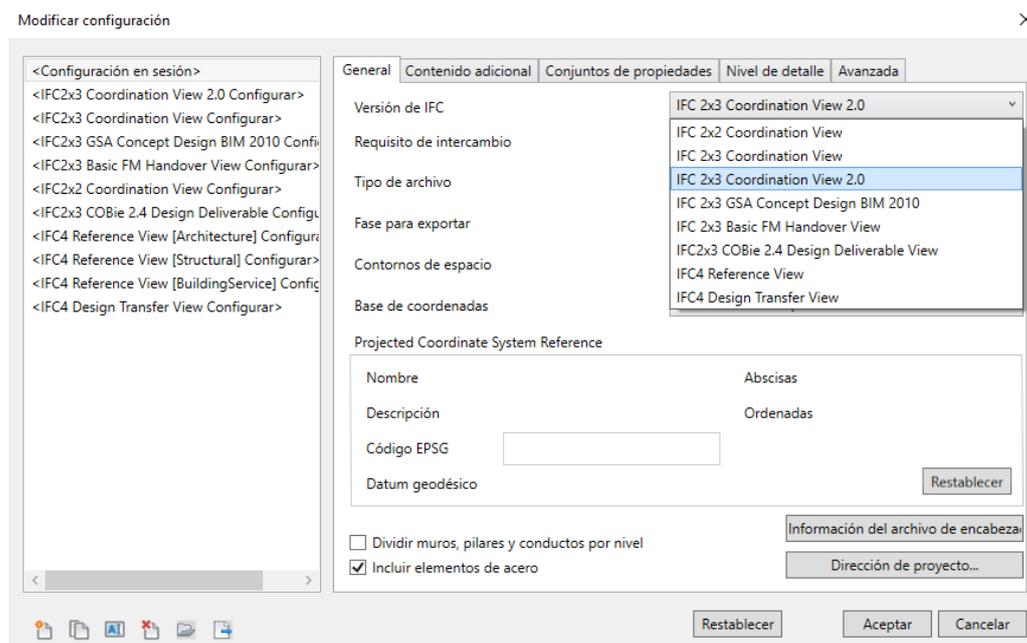


Ilustración 7.79. Configuración IFC.

Una vez seleccionado lo único que se deberá de hacer será pulsar sobre la tecla “Exportar”.

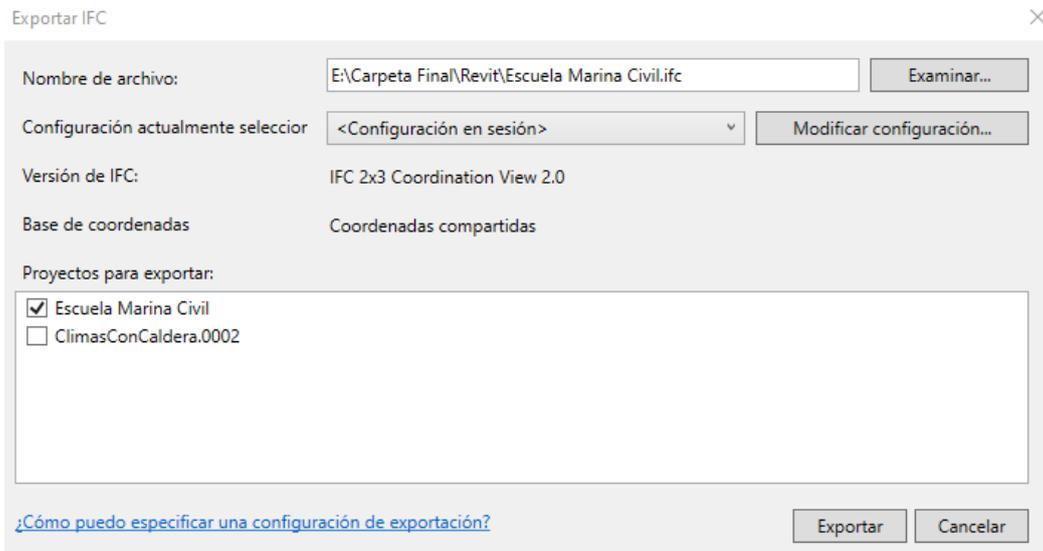


Ilustración 7.80. Menú exportación IFC.

Puede ser que durante este proceso ocurra algún problema al exportar alguno de los elementos que hay en nuestro archivo, pero en este caso no se produjo ningún problema.

Como en principio todo estaba correcto, se trató de abrirlo de nuevo con el software BIMvision para ver cuál era la perspectiva que nos daba del proyecto.

Se siguieron los mismos pasos que se habían seguido para abrir la sala de calderas y el resultado fue el archivo siguiente. Como se puede observar, solamente se ha exportado el sistema de conductos y la sala de calderas. Esto es debido a que Revit todavía no es capaz de exportar archivos vinculados a un solo archivo IFC. Para poder completarlo lo único que se debería de hacer sería introducirlo en un software como BIMvisión y unir los dos archivos para que se conviertan en un único archivo. El problema es que la gran mayoría de visores gratuitos que existen añaden diferentes herramientas de pago para obtener beneficios, por lo que debido al coste y no tener licencia para ningún programa que fuese capaz de realizarlo, se dejaron los archivos IFC separaos.

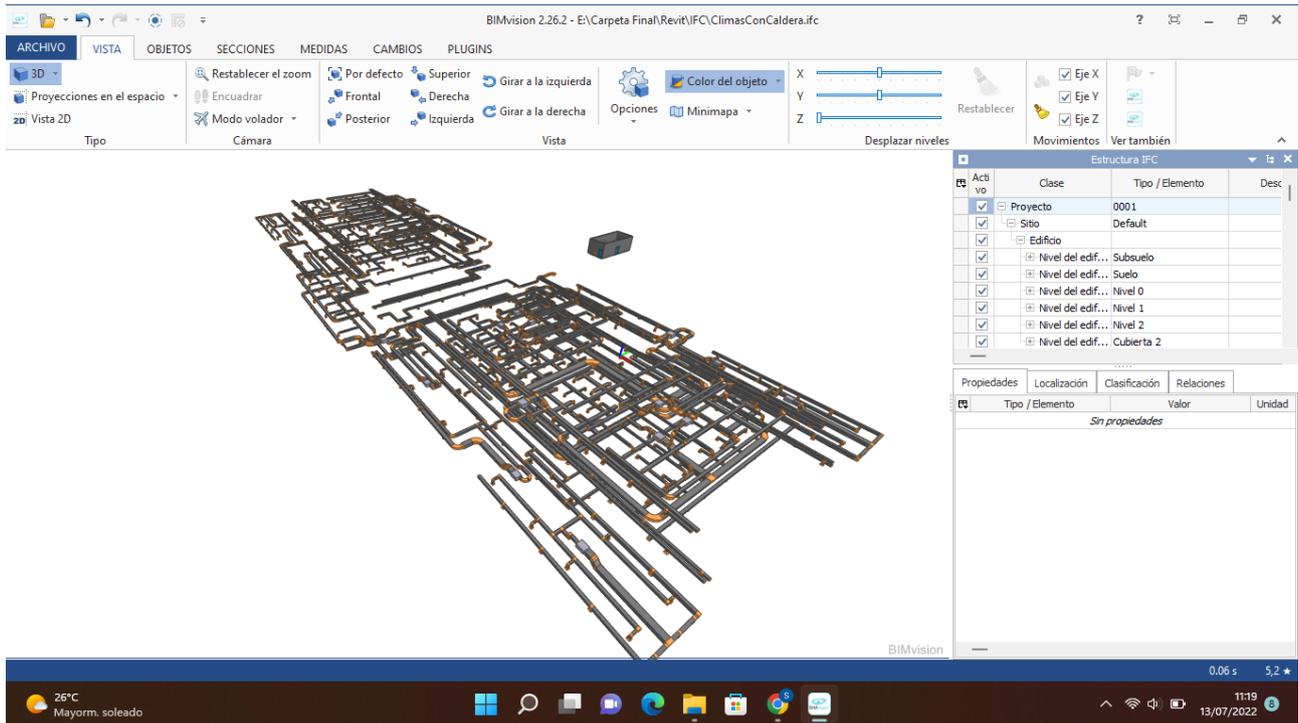


Ilustración 7.81. Modelo IFC en BIMvision.

## 8. Planos

Como proceso final de todo proyecto, se debe obtener la documentación necesaria que nos garantice la comprensión para futuras interpretaciones de todos los cambios que se han acoplado a este nuevo sector del proyecto. Siguiendo los planos utilizados por nuestra compañera en el modelo original, se ha cargado el estilo del plano y se ha modificado de acuerdo con los datos que nosotros debemos representar.

En estos planos encontraremos las diferentes ubicaciones de los climatizadores, con sus correspondientes representaciones de alturas para colocarlos como corresponde, siendo acotados siguiendo el mismo sistema que en los planos de climatización que nos brindó la Universidad y etiquetados con su número de serie correspondiente para su correcta búsqueda en caso de fallo.

Por otra parte, se adjuntan diferentes vistas en 3D para poder gestionar los caminos que siguen los conductos con sus diferentes desniveles.

Al final del documento se encontrará un anexo en el cual se podrán comprobar todos los planos realizados.

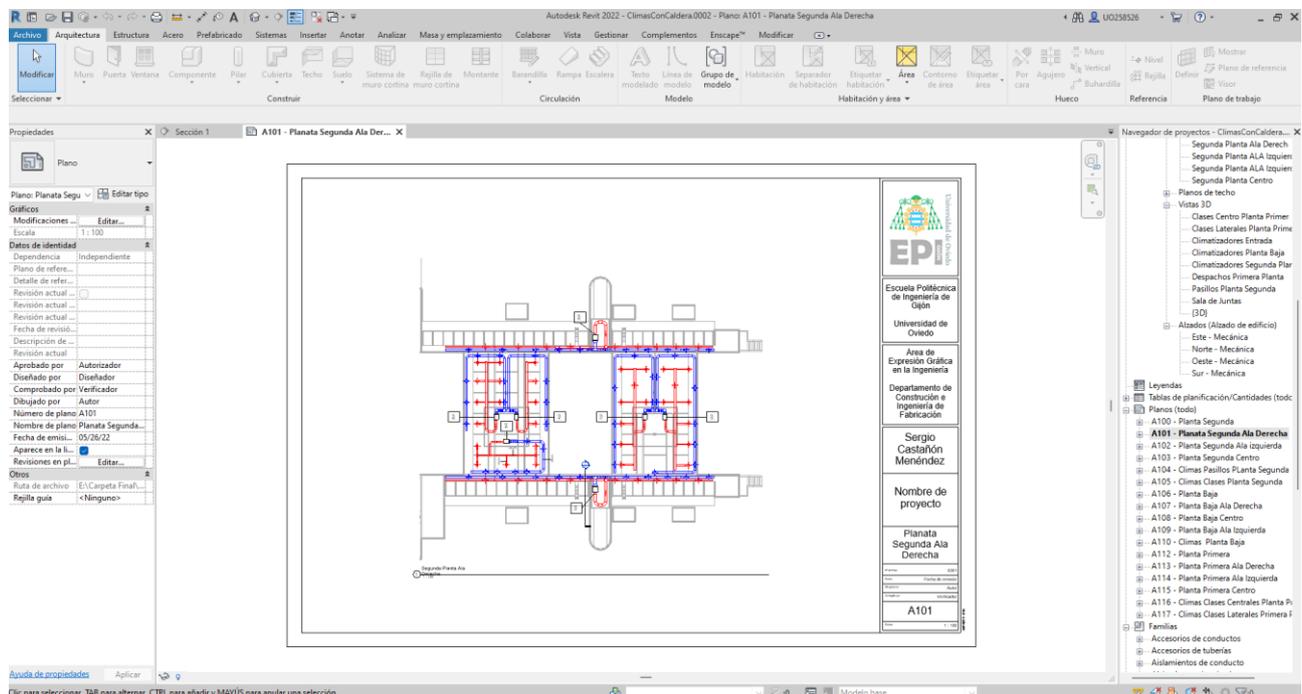


Ilustración 8.1 Ejemplo Plano en Revit

## 8.1. Planos As-Built en el modelo

Como ejemplo de los planos As-Built explicados en uno de los apartados anteriores, se podría hacer un ejemplo con las modificaciones que se tuvieron que hacer en el archivo original. En este caso, lo que se realizó fue crear una anotación sobre cuál debería de ser la altura de las ventanas y del falso techo. Para ello, se creó una sección en el archivo original y se creó un nuevo plano. Una vez obtenido lo único que se hizo fue hacer un esquema a mano sobre donde deberían de estar los objetos y con su cota correspondiente.

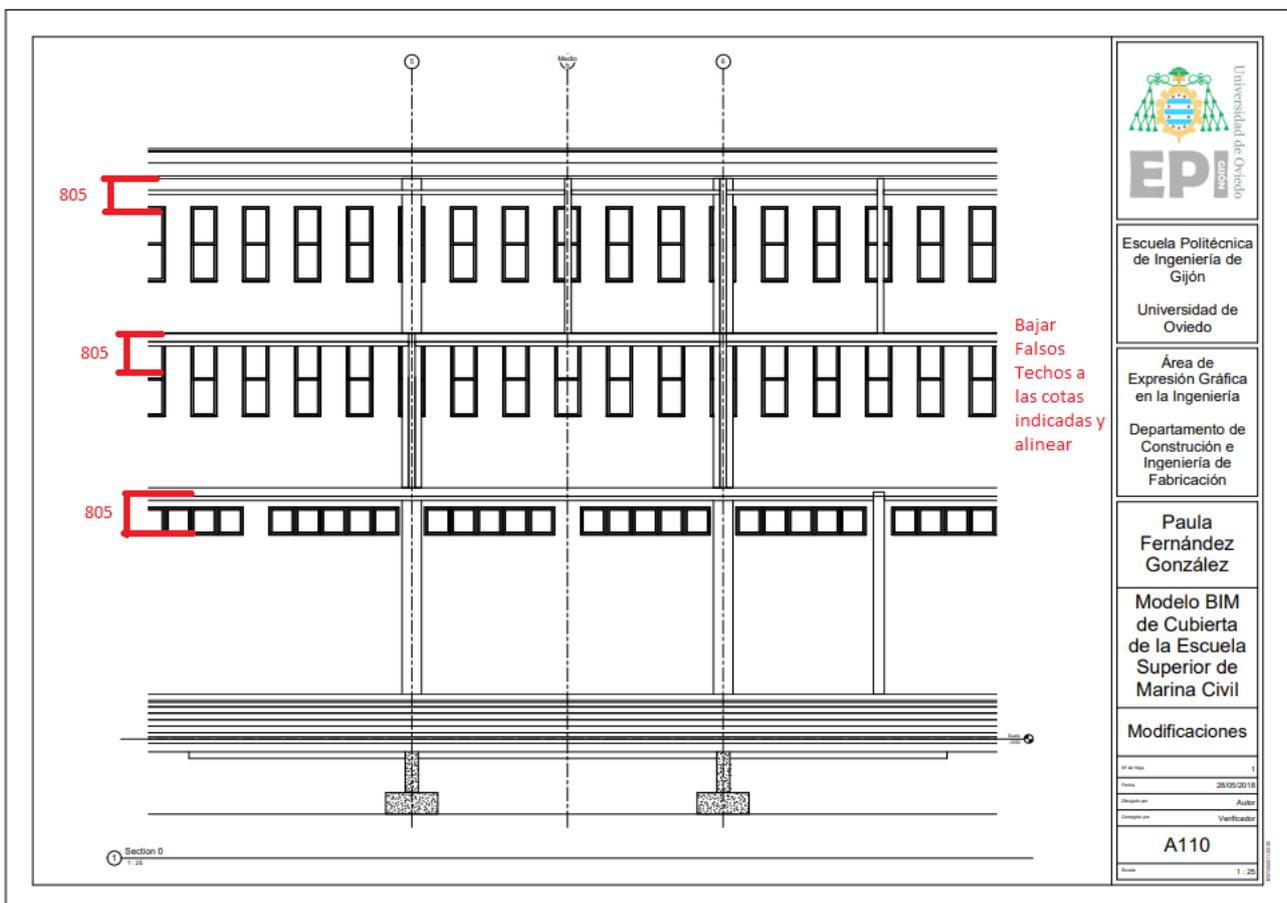


Ilustración 8.2. Ejemplo Plano As-Built Modelo Original.

## 9. Animaciones

Para finalizar el proyecto y conseguir una representación diferente a los planos, se utilizarán distintos programas que permitirán observar el modelo desde una perspectiva más realista. Para su representación se podría haber escogido diferentes opciones, desde imágenes renderizadas, hasta videos realistas que muestren un recorrido mostrando todos los elementos del edificio.

Al igual que en los programas BIM, distintas compañías han desarrollado sus equipos para poder abastecer la demanda que provocan este tipo de situaciones. Dentro de la amplia gama de programas que podremos encontrar, trataremos de hablar de los más conocidos.

- Blender<sup>18</sup>: consiste en un programa multiplataforma dedicado especialmente a la renderización, iluminación, animación y manipulación de gráficos tridimensionales. En él se pueden encontrar una gran variedad de herramientas que permitan trabajar en diferentes sectores, no solamente en el sector de la ingeniería.



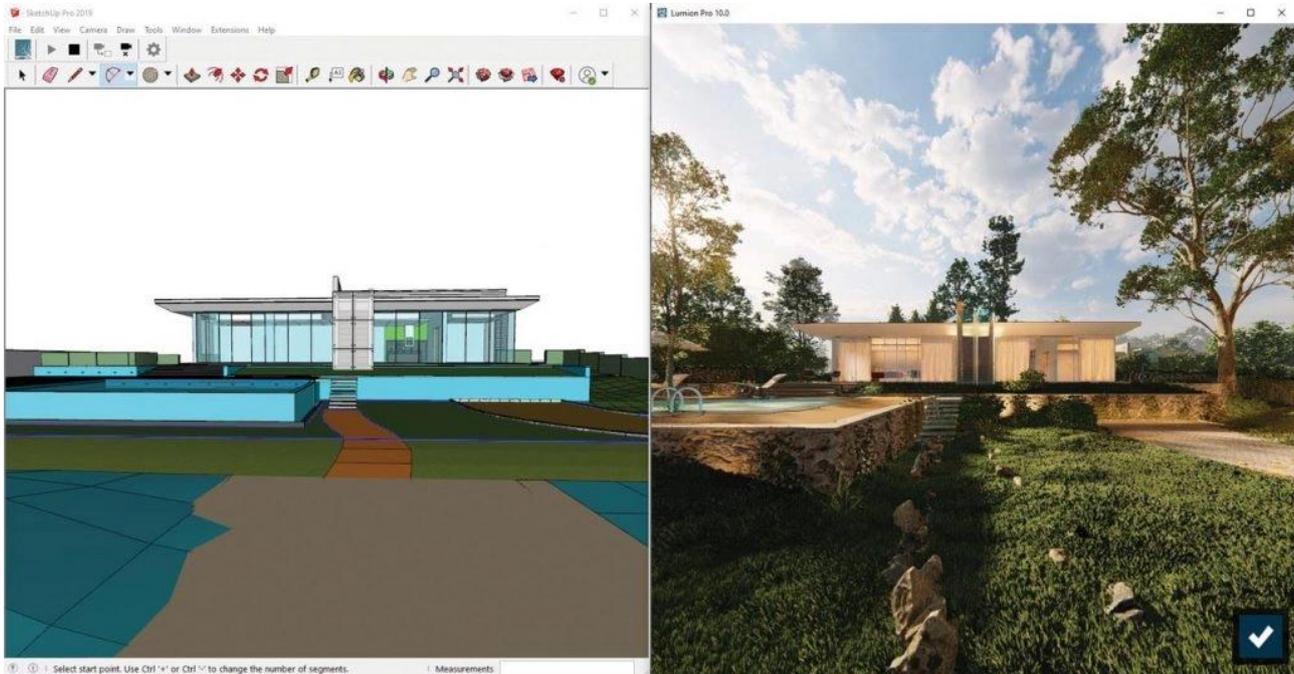
Ilustración 9.1. Interfaz Blender.

- Lumion<sup>19</sup>: sacado de su propia página web definen este software como: “un software de renderizado arquitectónico que facilita la comunicación de los proyectos para que se traduzcan en experiencias y emociones de la vida real.”

<sup>18</sup> Blender: Página Oficial (<https://www.blender.org/>)

<sup>19</sup> Luminion: Página Oficial (<https://www.lumion.es/>)

Se trata de un programa muy útil ya que tiene gran compatibilidad con los grandes programas de CAD y BIM, pero a su vez se puede modificar el modelo a medida que vamos obteniendo resultados renderizados.



*Ilustración 9.2. Ejemplo Lumion.*

- 3ds Max<sup>20</sup>: se trata del programa más utilizado dentro de todos los sectores, ya sea en creación de videojuegos, anuncios de televisión, en arquitectura o en películas, debido a la gran variedad de ventajas que se pueden obtener en su uso. Su modelo basado en plugins facilita la incorporación de soluciones, para los diferentes problemas que se puedan encontrar.

Supone un esfuerzo tratar de comprender su interfaz al comienzo debido a la gran cantidad de herramientas de las que dispone, pero su comprensión llevará a la obtención de un resultado muy mejorado.

En este trabajo, y de nuevo por los conocimientos, las licencias gratuitas para alumnos y las ventajas que supone contra sus competidores, se ha escogido trabajar con 3ds Max.

Debido a la alta calidad de imagen y herramientas que tiene que soportar 3ds Max, habrá ocasiones en las que no se pueda obtener el resultado deseado si no se modifica la escena de la manera correcta. En este caso para solucionar estos problemas, se utilizará un renderizador en tiempo real que permite

---

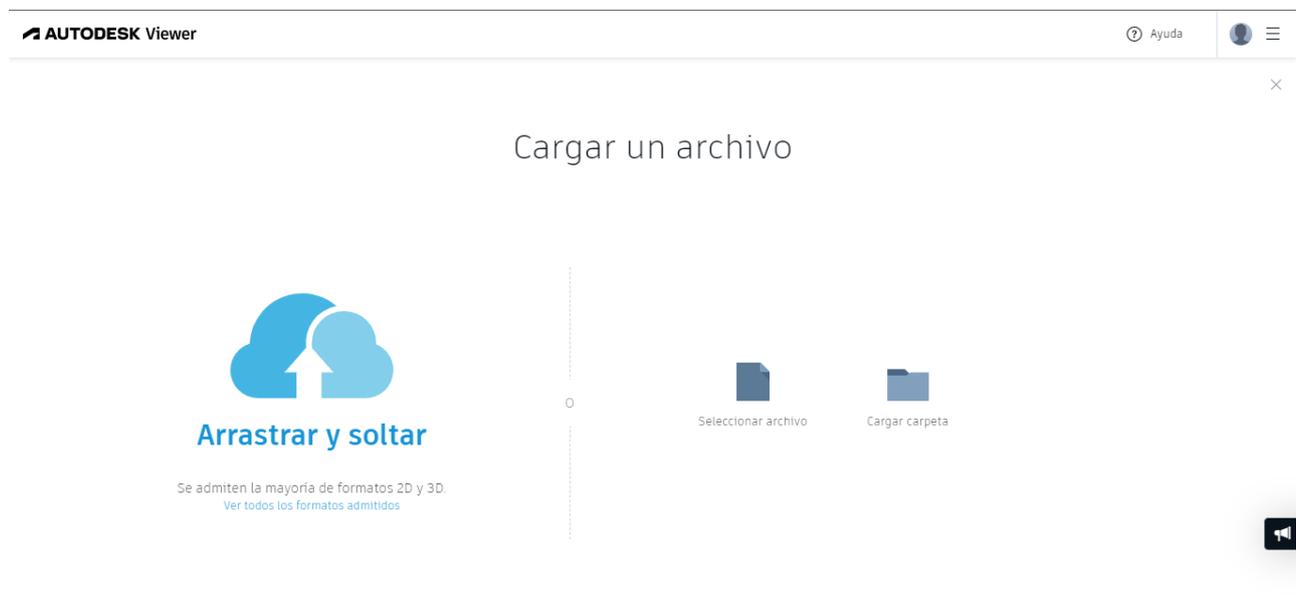
<sup>20</sup> 3ds Max: Página: <https://www.autodesk.es/products/3ds-max>

crear renderizaciones realistas en segundos. Este software, es Enscape<sup>21</sup>, y será el encargado de liberar tiempo de renderización, el cual puede ocupar varias horas.

Por otra parte, se ha utilizado otra herramienta que permite obtener diferentes vistas o perspectivas del modelo. En este caso, se utilizó el visor de Autodesk, con el cual podremos enviar el modelo a cualquier persona con acceso a internet y una cuenta en Autodesk para que pueda observar el modelo al completo.

Lo único que se debe hacer es buscar en el navegador de Internet “visor Autodesk”, entrar en la página oficial, y seguir los pasos que se van indicando. Una vez entrado en el entorno, se seguirán los siguientes pasos.

- En primer lugar, seleccionar el archivo deseado.



*Ilustración 9.3. Primer Paso Visor Autodesk.*

- Si el archivo está asociado a otros, como ocurre en este trabajo, se deberán de escoger todos los que estén involucrados.

<sup>21</sup> Enscape: Página Oficial (<https://enscape3d.com/>)

## ¿Escuela Marina Civil.rvt utiliza más de un archivo?

Deben cargarse todos los archivos incluidos en el diseño para que este se muestre correctamente.



Ilustración 9.4. Segundo Paso Visor Autodesk

Una vez realizados estos dos pasos, lo único que se tendrá que hacer será darle a “Cargar” en la siguiente ventana que aparece y la propia página comenzar a cargar los modelos. Una vez completado nos presentará la opción “Compartir”, con la cual podremos obtener un enlace que nos servirá para poder exponerlo en diferentes situaciones.

En este caso, el enlace obtenido, también representado en la bibliografía, será el siguiente:

<https://autode.sk/3OU5nOx>



Ilustración 9.5. Modelo Obtenido en el Visor de Autodesk.

## 9.1. 3ds Max

Para una completa representación del proyecto, se ha decidido utilizar el programa 3ds Max de Autodesk, donde se ha creado una animación alrededor del edificio, donde podremos observar tanto una parte del sistema de climatización del edificio como la nueva sala de calderas adjunta.

Para introducir nuestro proyecto de Revit en 3ds Max solamente tendremos que abrir este programa, ir a la opción “File”, y en la casilla “Import” seleccionar “Import” y buscaremos nuestro proyecto en la carpeta en la que se ha guardado.

Una vez que lo hayamos seleccionado, nos preguntará por los objetos que queremos importar. En este caso se han seleccionado todos los objetos y características disponibles, agrupándose por categorías y diferentes materiales de los objetos.

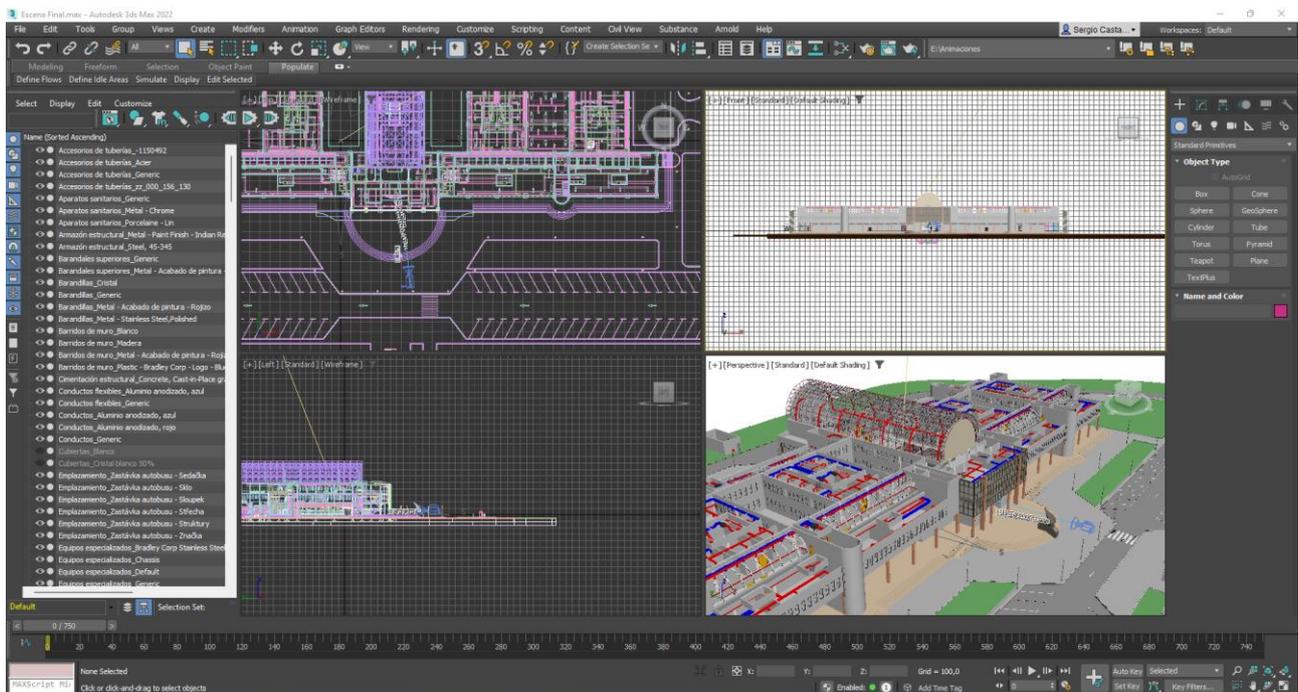


Ilustración 9.6. Interfaz Revit.

Con el proyecto correctamente cargado se crearon dos cámaras físicas en las que mediante la herramienta “Auto Key” se fueron desplazando a lo largo de un recorrido con su correspondiente “Target” para obtener las vistas que deseamos.



Ilustración 9.7. Herramienta "Auto Key"

Durante la manipulación de todos estos elementos no se produjo ningún error, excepto a la hora de probar diferentes renderizaciones, en las que el programa encontró que ciertos materiales que se habían utilizado en el proyecto de Revit, no se habían encontrado en los documentos que se manejaban actualmente. Debido a esto, 3DS Max no era capaz de generar una imagen del modelo.

Para poder solucionar este problema, y que los materiales se vieran durante las grabaciones y renderizaciones, lo que se hizo fue buscar que objetos contenían estos materiales y cambiar sus materiales por unos que si pudiesen ser utilizados.

Para renderizar el primer video del recorrido exterior se ha elegido el ART Renderer, ajustando la exposición de la luz y distintos parámetros para conseguir la mejor calidad posible.

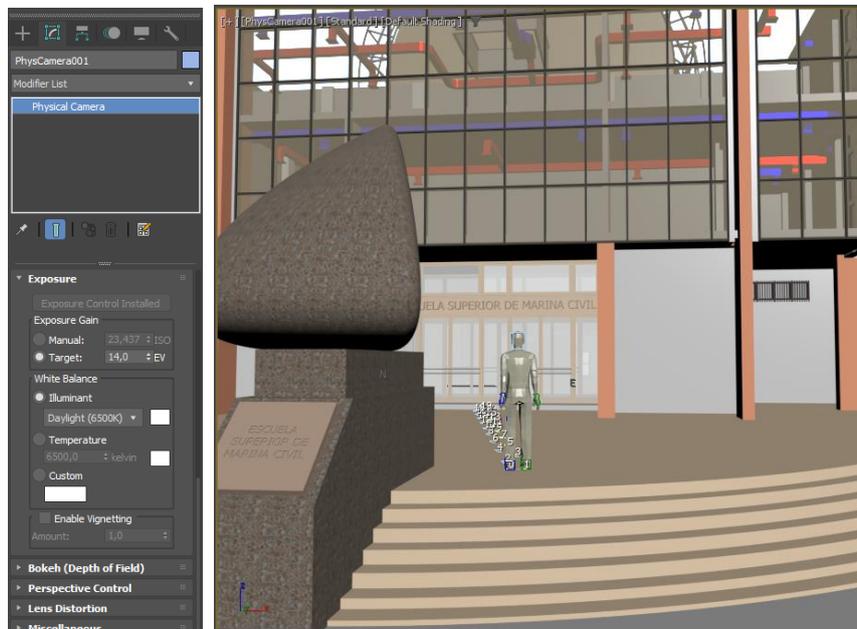
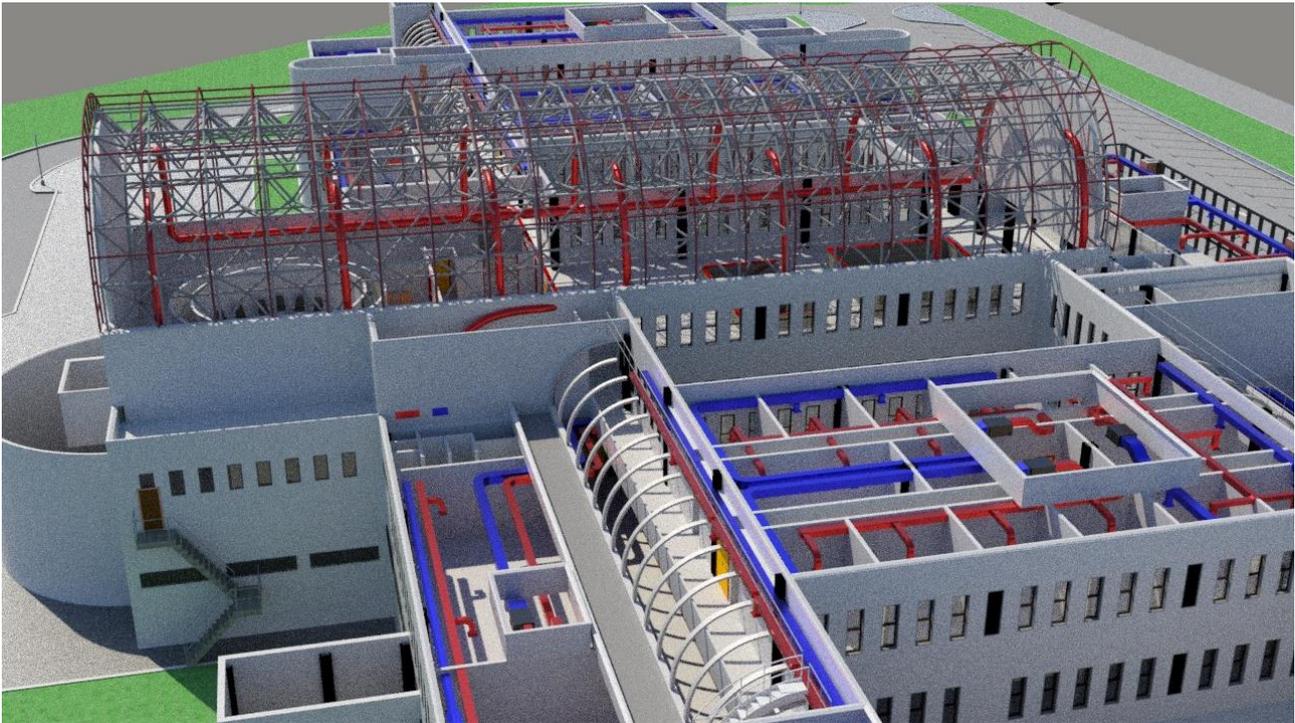


Ilustración 9.8. Parámetros Cámara 3DS Max y la vista en ese instante.

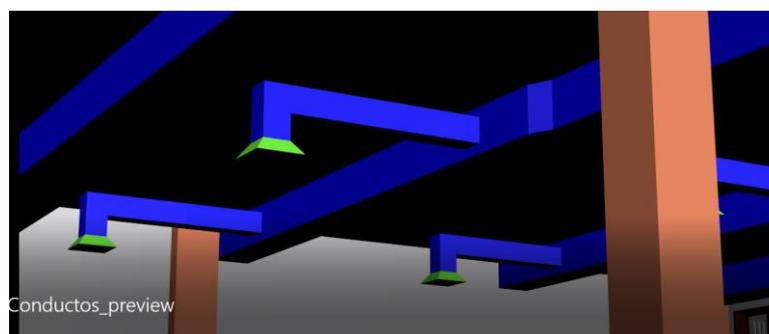
Tras haber realizado estos cambios, se probó a renderizar un solo frame, obteniéndose el siguiente resultado.



*Ilustración 9.9. Renderización Obtenida.*

Como ya se había conseguido la imagen deseada, y se había configurado la cámara previamente para llevar a cabo un recorrido, se comenzó con el proceso de creación del video. Para este proceso, se dividieron los frames que ocupaba la cámara creada en distintos ordenadores, ya que la renderización podría ocupar un gran número de horas.

Si renderizar la parte exterior de un edificio puede suponer varias horas, el interior puede suponer días y no obtener los resultados que se desean. Debido a este lento proceso, para crear el video del recorrido interior del edificio, se utilizó la herramienta “*Create Preview Animation*”, que utilizó una peor calidad de imagen que una renderización, pero que nos facilitó tener una visualización de nuestro recorrido en solo unos minutos.



*Ilustración 9.10. Captura de Pantalla “Create Preview Animation”*

## 9.2. Enscape

Por otra parte, utilizaremos este software para comparar las diferentes opciones que podemos barajar. Como se explicó en el caso anterior se tuvo que utilizar una herramienta de peor calidad para el interior del edificio, por lo que se trató de obtener una representación con una calidad de imagen que ofreciese una vista más detallada.

Para poder utilizar esta aplicación lo único que debemos de hacer será instalar el programa e introducir la correspondiente licencia que se ha facilitado. Hay que tener en cuenta que solamente podrá ser utilizada en un ordenador, por lo que se tendrá que activar o desactivar dependiendo del lugar donde se quiera trabajar, pero una vez realizados estos pasos solamente se tendrá que ir a uno de los módulos que Revit nos ofrece y el mismo cargará el modelo para trabar con él.



*Ilustración 9.11 Modulo selección Enscape.*

Enscape nos brinda una gran variedad de herramientas para visualizar el entorno y modificarlo a nuestro gusto, ya sea introduciendo nuevos objetos que animen el exterior del edificio, moduladores de luz que permiten gestionar el momento del día en el que se base la animación, utilización de gafas de realidad virtual para introducirnos en el proyecto... Pero sobre todo la herramienta más importante para este caso será la cual permite generar una serie de claves para que una cámara siga el recorrido interno del edificio que se quiera enseñar.

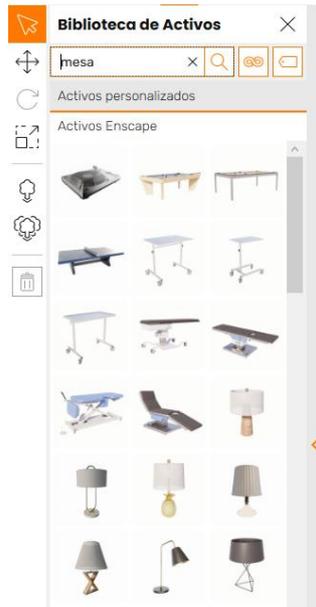
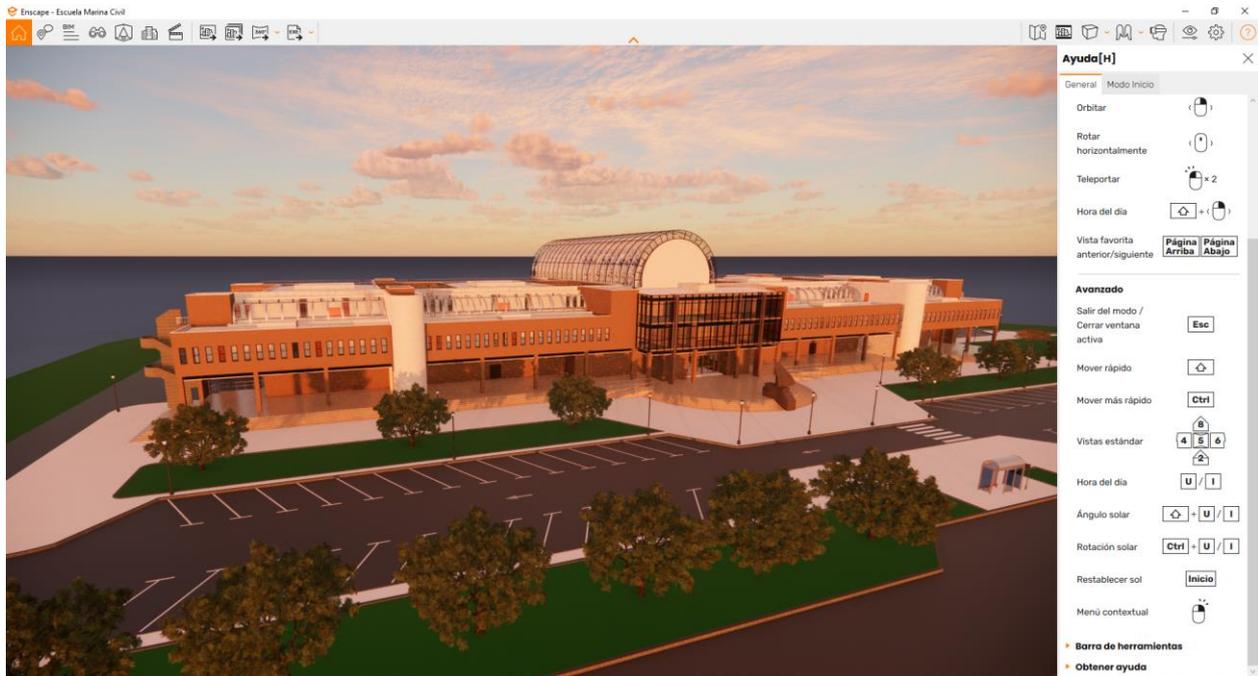


Ilustración 9.12 Biblioteca Objetos Enscape



Ilustración 9.13 Modelo Luz Media Tarde.



*Ilustración 9.14 Modelo Atardecer.*

Como se ha comentado, el objetivo que se quiere conseguir con este punto es obtener una representación interior en detalle. En comparación con 3DS Max, Enscape nos permitirá crear un video renderizado en mucho menos tiempo, y con mucha más rapidez. 3ds Max nos podrá ofrecer muchas más ventajas y muchas más herramientas, pero para este caso, Enscape agilizará todo el trabajo.

## 10. Planificación

Para poder gestionar mejor los tiempos utilizados y poder representarlos de una manera más visible se ha utilizado el software Microsoft Project, la cual nos ofrece una licencia educativa, y con la cual se ha trabajado anteriormente durante la etapa de estudiante.

DIAGRAMA DE GANTT

	i	Modo de	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras EDT	Predecesoras
1			1	Estudios Previos	7 días	mié 20/04/22	jue 28/04/22		
2			1.1	Tutoriales Basicos	20 horas	mié 20/04/22	vie 22/04/22		
3			1.2	Tutoriales Avanzados	20 horas	vie 22/04/22	mar 26/04/22	1.1	2
4			1.3	Estudios Datos de Partida	3 días	mié 20/04/22	vie 22/04/22		
5			1.4	Comprobación Edificio	7 días	mié 20/04/22	jue 28/04/22		
6			2	Modelado BIM	32,5 días	vie 29/04/22	mar 14/06/22	1	1
7			2.1	Cambios Arquitectonicos	70 horas	vie 29/04/22	mié 11/05/22		
8			2.2	Modelado Climatización	190 horas	mié 11/05/22	mar 14/06/22	2.1	7
9			3	Documentación	12,5 días	mar 14/06/22	jue 30/06/22		
10			3.1	Memoria	100 horas	mar 14/06/22	jue 30/06/22	2	6
11			3.2	Planos	15 horas	mar 14/06/22	jue 16/06/22	2	6
12			4	Generación Animaciones	4 días	vie 01/07/22	mié 06/07/22	3	9
13			4.1	Utilización Enscape	15 horas	vie 01/07/22	lun 04/07/22		
14			4.2	Utilizacion 3Dsmax	20 horas	vie 01/07/22	mar 05/07/22		
15			4.3	Renderización Imágenes	12 horas	mar 05/07/22	mié 06/07/22	4.2	14

Ilustración 10.1. Tabla de planificación MS Project

A lo largo del trabajo se ha tenido que llevar a cabo diferentes procesos a la vez, ya que no se producía ningún inconveniente, pero es cierto que, al estar trabajando una sola persona, muchas de las tareas no se podían llevar a cabo hasta que no se terminase de hacer la anterior para no interrumpirse y perder el mecanismo de trabajo.

Como podemos ver en el diagrama de Gantt, este ha sido el calendario de tareas que se ha realizado desde el momento en el que comenzamos a familiarizarnos con el entorno hasta que se consiguió llegar al punto final.

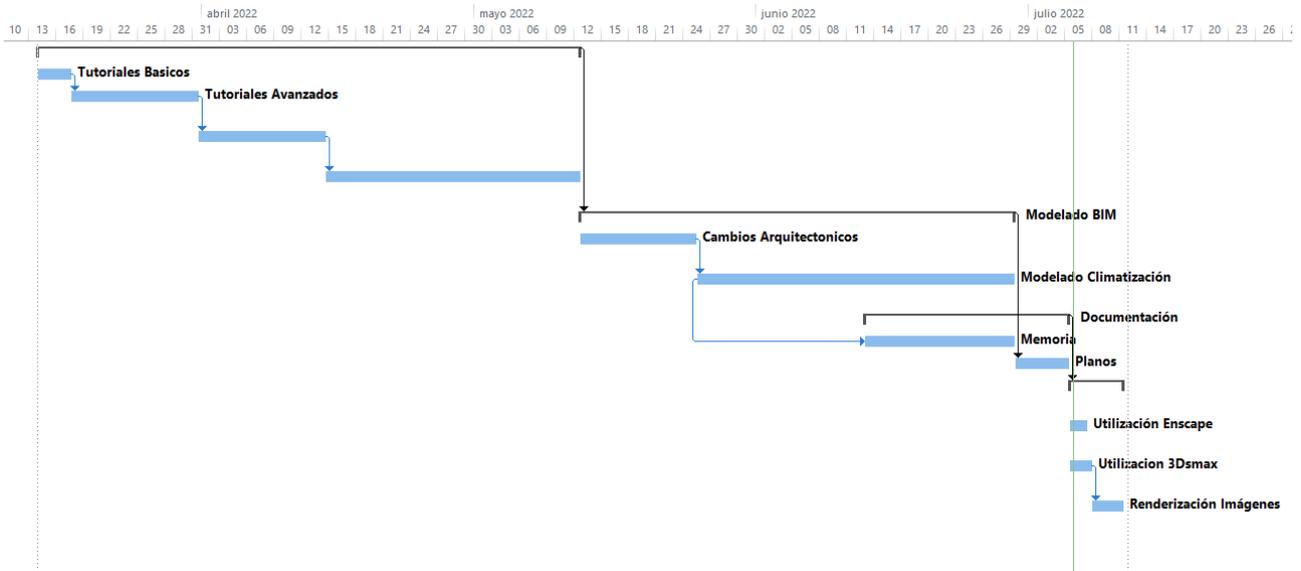


Ilustración 10.2. Diagrama Gantt Proyecto.

# 11. Presupuesto

Como último punto del proyecto y para tratar de comprender el impacto financiero que podría tener llevar a cabo una obra de estas dimensiones, se llevará cabo un recuento de los diferentes gastos que han tenido que ser generados.

En relación con el trabajo que se ha ido explicando durante toda la memoria, solo realizaremos el presupuesto de la parte relacionada con la climatización generada en BIM, ignorando o dejando los costes arquitectónicos o de ejecución a los encargados de esta disciplina.

Repartiremos los gastos en tres grupos diferentes para que estos tengan una mejor comprensión y desglose:

## 11.1. Coste del Material Informático

En este apartado se recogerán los diferentes costes relacionados con los sistemas informáticos, es decir todo aparato electrónico que haya sido necesario y todos los softwares que nos han facilitado la generación del modelo. En nuestro caso, gracias a las licencias educativas, no se tuvo que abonar ningún importe, por lo que se deberá de buscar información y adecuar estos gastos al tiempo en el que hemos realizado el proyecto.

Teniendo en cuenta el tiempo que hemos tenido que utilizar para completar el proyecto se asumirá una duración de 7 meses.

Como se ha explicado en el apartado de planificación, algunas tareas no se podrán llevar a cabo hasta que se haya finalizado con la anterior, por lo que es un tema muy importante que se debe gestionar para no aumentar los costes con licencias que no se van a utilizar hasta el final del proyecto.

Teniendo en cuenta los tiempos, y los precios de las licencias, se comprará las licencias mes a mes de Revit y 3DsMax, en los cuales Revit se alargará durante los 7 meses, y 3Dsmax solamente un mes para la generación de las animaciones al finalizar el Proyecto. Por otra parte, para la obtención de Enscape, se trabajará con la licencia que permite ser utilizado en un único ordenador.

Concepto	Coste (€)	Tu (Meses)	Ta(meses)	Coste Total (€)
<b>Equipo Informático</b>	599,00	7	36	84,29
<b>Sistema Operativo</b> (Windows 10 Pro)	259,00	7	36	37,00
<b>Revit</b>	418,00	7	-	2926,00
<b>3DsMax</b>	279,00	1	-	279,00
<b>Enscape</b>	39,90	1	-	39,90
			<b>Total</b>	<b>3366,19</b>

## 11.2. Coste Material Utilizado

A consecuencia de los estudios en primera persona, se ha tenido que comprar una escalera para la correcta seguridad y un metro para la toma de medidas.

Concepto	Cu	Cantidad	Coste
<b>Escalera</b>	120,00	1	120,00
<b>Metro</b>	30,00	1	30,00
		<b>Total</b>	<b>150,00</b>

## 11.3. Coste Personal

En este apartado recogeremos los costes de la mano de obra de la realización del proyecto, es decir, el coste de la generar el modelo del sistema de climatización, la correspondiente documentación y el presupuesto y la planificación.

Trabajo	Duración (h)	Coste Horario (€)	Coste (€)
Estudios Previos	350	25	8750,00
Cambios Arquitectónicos	70	30	2100,00
Modelado Climatización	200	30	6000,00
Documentación	132	25	3300,00
Generación de animaciones	32	30	960,00
Presupuesto y Planificación	10	15	150,00
		<b>Total</b>	<b>21260,00</b>

## 11.4. Coste Total del Proyecto

El coste total del proyecto no deberá constituirse únicamente por los datos obtenidos anteriormente, ya que se le deberá aplicar una serie de gastos generales relacionados con el uso de electricidad, alquiler y otros recursos destinados al correcto mantenimiento de la obra. Por otra parte, también se le deberán de añadir a estos costes el impuesto sobre el valor añadido o IVA.

Según el artículo 131 del Reglamento General de la LCAP, aprobado por R.D. 1098 de 2001, se deberá aplicar entre un 13% y un 17% de gastos generales para que la obra adquiera los presupuestos base de licitación en los contratos de obra, tomándose un 15% como valor medio para su cálculo, aparte de un 6% debido al beneficio industrial y el IVA del 21%. Teniendo en cuenta todos estos datos tendríamos que llevar a cabo el siguiente desglose:

Concepto	Coste (€)
<b>Material informático</b>	3366,19
<b>Material Utilizado</b>	150,00
<b>Coste de Personal</b>	21260,00
<b>TOTAL EJECUCIÓN</b>	24776,19
<b>Gastos Generales (15%)</b>	3716,43
<b>Beneficio Industrial (6%)</b>	1486,57
<b>TOTAL PARCIAL</b>	29979,19
<b>IVA (21%)</b>	6295,62
<b>TOTAL PROYECTO</b>	36274,81

## 12. Conclusiones

Atendiendo a los objetivos que se habían marcado al comienzo del trabajo, se puede decir que se han cumplido las principales metas:

- Se consiguió obtener un modelo tridimensional funcional del sistema de climatización el cual nos ofreciese la información necesaria para su construcción o en este caso un futuro mantenimiento de las estructuras.
- Se utilizó la nueva forma de comunicación que cada vez es más frecuente entre empresas gracias a las investigaciones relacionadas con la cooperación BIM y el intercambio a partir de formato de datos abiertos, utilizando en este caso el sistema IFC para crear una comunicación con la Universidad de Oviedo.

Es cierto que, aunque se haya completado el modelo, y que este pueda ser una opción viable en la realidad, muchas de las características, geometrías o modelos que se les han asignado a algunos elementos no tienen relación con los que pueden encontrarse en el falso techo del edificio.

Que se haya podido realizar este trabajo de forma individual y haber cometido numerosos errores que iban lastrando el trabajo en el futuro, también ha generado una nueva visión a la hora de organizar el trabajo. Debido a esto, se generó un enfoque el cual permite analizar más minuciosamente la información para que esto no conlleve pérdida de tiempo y posibles costes en un futuro, algo que en la vida real es fundamental para cualquier trabajo.

Seguramente haber dispuesto de más tiempo hubiese permitido indagar en ciertos aspectos que no se ha podido profundizar, como por ejemplo el archivo IFC. Este contiene información clave para su funcionamiento y no se ha podido analizar, y seguro que podría haber generado un mayor rango de conocimientos aprendidos respecto a este método de trabajo.

Por otra parte, es cierto que se ha llevado a cabo un trabajo “compartido” con el modelo arquitectónico generado, pero probablemente disponer de un compañero con el cual se fuese intercambiando información a medida que se fuese avanzando en el proyecto, supondría un reto que enseñaría a la perfección como gestionar la metodología BIM.

Sin embargo, haber podido trabajar en este proyecto ha ayudado a comprender como es trabajar en la vida real, y a comprender el verdadero valor que puede tener gestionar la información para su futura utilización. Pero toda esta información generada no puede dejarse atrás, deberá seguir actualizándose y mejorándose con el tiempo, para que más adelante cualquier persona que tenga que trabajar en

---

alguna modificación del edificio no tenga que volver a hacer un estudio personal en el que gaste días hasta encontrar lo que necesita.

Por último y de manera más personal, haber podido indagar en un tema que me generaba interés, ha supuesto un reto muy satisfactorio y motivador para tratar de seguir conociendo más a fondo esta forma de trabajo.

## 13. Bibliografía

En este apartado se detallarán las diferentes páginas web que se han utilizado para la correcta obtención y comparación de la información en los diferentes puntos que se han llevado a cabo a lo largo de todo el proyecto:

- Paula Fernández González. Modelización de la cubierta del Edificio de la Escuela Superior de la Marina Civil Mediante el uso de Tecnología BIM. TFG Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales. Junio 2018.
- Daniel Pablo García Mollaghan. Modelado BIM de la Facultad de Geología del campus de Llamaquique de Oviedo. TFG Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales. Julio 2021.
- *Real Decreto 1515/2018, de 28 de diciembre*. Obtenido el 20 mayo 2022.  
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2019-1368>
- *Vicsan. Historia del BIM*. Obtenido el 1 de mayo de 2022.  
<https://universovicsan.com/articulo/historia-del-bim/>
- *Building Smart Spain. ¿Qué es el BIM?* Obtenido el 1 mayo de 2022.  
<https://www.buildingsmart.es/bim/>
- *Niveles de Madurez BIM*. Obtenido el 2 de mayo de 2022.  
<https://revitenmexico.blogspot.com/2020/03/el-nivel-1-de-bim.html>
- *CICE. Ventajas y Desventajas metodología BIM*. Obtenido el 3 de mayo de 2022.  
<https://www.cice.es/blog/articulos/las-5-ventajas-fundamentales-bim/>
- *BIMnD. Dimensiones del BIM*. Obtenido el 6 de julio de 2022.  
<https://www.bimnd.es/7dimensionesbim/>
- *AutoDesk. ¿Cuáles son las ventajas del BIM?* Obtenido el 3 de mayo de 2022.  
<https://www.autodesk.es/solutions/bim/benefits-of-bim>
- *RetaIn. Problemas en la introducción de BIM a la empresa*. Obtenido el 3 de mayo de 2022.  
<https://retaintechologies.com/problemas-en-la-aplicacion-practica-de-bim/>
- *Página Oficial Diego Cabezudo, Arquitecto de la obra*.  
<http://www.cabezudoarquitectos.com/edificios-docentes/escuela-superior-de-marina-civil/>
- *Gestión de Niveles en modelos compartido Revit*.  
<https://sites.google.com/site/autodeskrevitmep/Home/frequentlyaskedquestions/setting-up-a-revit-mep-project/copying-levels>
- *Introducción al formato de datos abierto*. Obtenido el 19 de junio de 2022.  
<https://biblus.accasoftware.com/es/formato-ifc-y-open-bim-todo-aquello-que-se-debe-saber/>

- *Diferentes versiones IFC a lo largo de su vida.* Obtenido el 20 de junio de 2022 <https://app.bimsupporters.com/courses/ifc/lessons/history-and-versions-of-ifc/>
- *Ventajas y dificultades en la utilización del IFC.* Obtenido el 22 de junio de 2022. <https://www.inesem.es/revistadigital/disen-y-artes-graficas/ifc-formato/>
- *¿Qué son los planos As-Built?* Obtenido el 13 de junio de 2022. <https://www.ingegeek.site/2021/02/24/que-son-los-planos-as-built-concepto-e-importancia/>
- *Como son y quien debe gestionar los planos.* Obtenido el 13 de junio de 2022. <https://www.globalmediterranea.es/planos-as-built-que-son-y-como-hacerlos/>
- *Ejemplos de algunos proyectos As-Built.* Obtenido el 13 de junio de 2022. <https://www.asbuiltdigital.com/capture>
- *Escaneo de edificios 3D.* Obtenido el 12 de junio de 2022. <https://www.scanphase.com/escaneo-edificios-completos?lightbox=dataItem-k8vtf5h9>
- *Que es Revit MEP y cuáles son sus ventajas.* Obtenido el 1 de junio de 2022. <https://arcux.net/blog/que-es-revit-mep-y-cuales-son-sus-principales-funciones/>
- *Museo de Rotorua.* Wikipedia. Obtenido el 13 de junio de 2022. [https://es.wikipedia.org/wiki/Museo\\_de\\_Rotorua](https://es.wikipedia.org/wiki/Museo_de_Rotorua)
- *FINESANI.* Página Oficial. Obtenido el 10 de julio de 2022. <https://www.4msa.com/es/brands-5/finesani>
- *Blender. Introducción al Blender.* Obtenido el 8 de julio de 2022. [https://docs.blender.org/manual/es/dev/getting\\_started/about/introduction.html](https://docs.blender.org/manual/es/dev/getting_started/about/introduction.html)
- *3ds Max. Wikipedia. descripción 3ds Max.* Obtenido el 8 de julio de 2022. [https://es.wikipedia.org/wiki/Autodesk\\_3ds\\_Max#:~:text=Autodesk%20ds%20Max%20\(anteriormente%20D,vez%20en%201990%20para%20DOS.](https://es.wikipedia.org/wiki/Autodesk_3ds_Max#:~:text=Autodesk%20ds%20Max%20(anteriormente%20D,vez%20en%201990%20para%20DOS.)
- *Lumion. Página Oficial.* Obtenido el 8 de julio de 2022. <https://www.lumion.es/>