



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Nombre del Centro

Trabajo Fin de Grado

**MODELADO BIM PARA EL
PROYECTO DE UNA
EDIFICACIÓN DESTINADA A LA
VENTA Y MANTENIMIENTO DE
AUTOMÓVILES EN EL
POLÍGONO INDUSTRIAL NUEVO
JAÉN**

Alumno: Nombre Alumno

Tutor: Prof. D. Francisco Javier Gallego Álvarez
Dpto: Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos

Julio, 2018



Universidad de Jaén
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Informática

Francisco Javier Gallego Álvarez, tutor del Proyecto Fin de Carrera titulado: Modelado BIM para el proyecto de una edificación destinada a la venta y mantenimiento de automóviles en el polígono industrial Nuevo Jaén, que presenta Luis Linde Torres, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, julio de 2018

El alumno:

Una firma manuscrita en tinta negra sobre un fondo blanco, que parece ser la del alumno Luis Linde Torres. La firma es fluida y se extiende horizontalmente.

Luis Linde Torres

El tutor:

Francisco Javier Gallego Álvarez

I MEMORIA

1. Introducción y objetivos del TFG	16
2. Antecedentes	18
2.1. Definición de BIM.....	18
2.2. Desarrollo de la tecnología BIM	20
2.3. Niveles en el BIM.....	21
2.4. Niveles de detalle y niveles de desarrollo (LOD).....	24
2.5. Ventajas y limitaciones en el diseño con tecnología BIM.....	29
2.5.1. Ventajas en el uso de la tecnología BIM	29
2.5.2. Limitaciones acompañadas al diseño con BIM	33
2.6. Situación actual de la implantación del BIM	35
3. Descripción del modelo a construir	40
3.1.1. Localización de la parcela en plano y en registro catastral.....	40
3.1.2. Programa de necesidades y servicios para la construcción	43
3.1.3. Justificación urbanística	44
3.1.4. Definición del número de trabajadores y espacios.....	46
3.1.5. Distribución de los pilares en la estructura.....	48
3.1.6. Propuesta de altura de la estructura.....	49
3.1.7. Propuesta de materiales para los elementos estructurales	50
4. Metodología	50
4.1.1. Software BIM utilizado	50
4.1.2. Etapas en el proceso de diseño.....	52
4.1.3. Etapa de Postprocesado de datos.....	53
5. Proceso de modelado.....	53
5.1. Preparación del proyecto.....	53
5.1.1. Definición de los niveles/cotas para el Proyecto	56
5.1.2. Proceso de carga de familias en el proyecto.....	58
5.2. Posicionamiento de los pilares en el modelo.....	62
5.2.1. Definición de las juntas de dilatación.....	67
5.3. Planteamiento y diseño de elementos de la cimentación.....	68
5.3.1. Definición de los elementos de cimentación	68
5.3.2. Planteamiento y diseño de las vigas de atado	71
5.3.3. Planteamiento y diseño de los enanos	72
5.4. Diseño de la armadura en los elementos de hormigón armado.....	73

5.4.1.	Creación de la armadura de una zapata	74
5.4.2.	Creación de la armadura de una viga.....	76
5.5.	Planteamiento y diseño de las vigas de atado de los pilares	79
5.6.	Definición de la estructura en la zona de oficinas	84
5.6.1.	Desarrollo de la estructura para la cubierta en la zona de oficinas	86
5.6.2.	Planteamiento y diseño del forjado para la primera planta.	92
5.7.	Planteamiento de la estructura de la cubierta en la zona de exposición	95
5.8.	Inserción de la escalera en el proyecto	106
5.9.	Inserción del suelo en la zona de oficinas	110
5.10.	Definición de los techos	115
5.11.	Definición de los muros exteriores. Parte I.....	119
5.11.1.	Definición de la conexión entre el techo de la planta baja y el forjado de la primera planta	119
5.12.	Migración de plantilla estructural a plantilla arquitectónica.....	120
5.13.	Definición de los muros exteriores. Parte II.....	125
5.13.1.	Inserción de muro cortina.....	126
5.13.2.	Inserción de muro de obra	130
5.14.	Propuesta de distribución de espacios y mobiliario en zona de oficinas	132
5.14.1.	Propuesta de construcción del salón de actos	133
5.14.2.	Distribución de dependencias y espacios en la primera planta	134
5.14.3.	Introducción de elementos iluminación en la zona de oficinas	141
5.15.	Generación de la propuesta de distribución de espacios para la zona Taller	144
5.15.1.	Definición de aseos y vestuarios	145
5.15.2.	Inserción de sala de pintura del taller	147
5.15.3.	Disposición de accesos a zona taller.....	150
5.15.4.	Diseño de estancias	151
5.15.5.	Importación de elementos y familias	153
5.16.	Planificación del espacio y características en el Almacén.....	157
5.16.1.	Accesos y comunicación del Almacén con el resto de áreas	157
5.16.2.	Planteamiento del sistema de almacén	158
5.17.	Generación de la propuesta de distribución para la zona de Exposición.....	161
5.17.1.	Definición de aseos	161
5.17.2.	Presentación del espacio destinado a la Exposición	162
5.17.3.	Propuesta de diseño para los muros exteriores	164
5.17.4.	Importación de elementos y familias	165
5.18.	Definición de los espacios de aparcamiento	168

5.19.	Inserción de archivo DWG (AutoCAD)	169
6.	Generación de documentación.....	172
6.1.	Representación del elemento en planos.....	172
6.1.1.	Proceso de creación de planos para representar el modelo.....	172
6.2.	Postprocesado mediante uso de software BIM	177
6.2.1.	Tabla de planificación o de cantidad	178
6.2.2.	Tabla de planificación clave	183
6.2.3.	Tabla de planificación de cómputo de materiales	184
6.2.4.	Exportación de datos en Excel	184
7.	Conclusiones	188
8.	Referencias y bibliografía	190

II Índice de Tablas

Tabla 1. Etapas de implantación del BIM en España. _____	37
Tabla 2. Condiciones urbanísticas de las parcelas del SUNP.-6 Fuente: elaboración propia	45
Tabla 3. Áreas de las diferentes estancias de la construcción. _____	48
Tabla 4. Rejillas que delimitan la parcela. Fuente: elaboración propia _____	54
Tabla 5. Nomenclatura aplicada a las líneas de rejilla en el proyecto. Fuente: elaboración propia _____	55
Tabla 6. Definición de niveles principales. Fuente: elaboración propia _____	57
Tabla 7. Niveles de referencia auxiliares creados para ayudar en la definición y restricción de elementos. Fuente: elaboración propia _____	58
Tabla 8. Áreas de los diferentes tipos de muros a construir. Fuente: elaboración propia _	193
Tabla 9. Conteo, volumen y peso de elementos utilizados Fuente: elaboración propia _	193
Tabla 10. Tabla para la planificación de las luminarias. Fuente: elaboración propia _____	193

III Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Concepción del BIM. Fuente: (Wikipedia, Modelado de información de construcción, 2018)	19
Ilustración 2. Diagrama de maduración en el diseño BIM. Fuente: (British Standard Institution, 2013).....	22
Ilustración 3. Esquema de evolución de la gestión de proyecto. Fuente: elaboración propia.	24
Ilustración 4. Niveles de detalle. Fuente: Bryan, 2016	24
Ilustración 5. Niveles de desarrollo. Fuente: (Lanmar Services, 2014)	25
Ilustración 6. Representación en LOD 100 de anclaje estructural de una viga al suelo. Fuente: BIFORUM, 2013	26
Ilustración 7. Representación en LOD 200 de anclaje estructural de una viga al suelo. Fuente: BIFORUM, 2013	26
Ilustración 8. Representación en LOD 300 de anclaje estructural de una viga al suelo. Fuente: BIFORUM, 2013	27
Ilustración 9. Representación en LOD 350 de anclaje estructural de una viga al suelo. Fuente: BIFORUM, 2013	28
Ilustración 10. Representación en LOD 400 de anclaje estructural de una viga al suelo. Fuente: BIFORUM, 2013	28
Ilustración 11. Perspectiva en 3D de proyectos de construcción pueden generarse de forma rápida a través de un software BIM. Fuente: (McNell et al., 2000).....	30
Ilustración 12. Comparativa del mismo elemento modificando un aspecto paramétrico como el ancho. Fuente: elaboración propia	31
Ilustración 13. Comparativa en el flujo de trabajo según proyecto realizado por CAD o BIM. Fuente: (Graphicsoft, s.f.)	32
Ilustración 14. Curva de MacLeamy. Fuente: Nikles, 2013.....	33
Ilustración 15. Evolución de la productividad con la implantación de la tecnología BIM. Fuente: elaboración propia	34
Ilustración 16. Interfaz de selección de formato estándar para compartir archivos BIM. Fuente: Elaboración propia.....	35
Ilustración 17. Localización de la propuesta de la parcela para la construcción.....	40
Ilustración 18. Localización de la construcción referida a la distancia-tiempo respecto de una autovía/vía principal. Fuente: elaboración propia.....	41
Ilustración 19. Localización del emplazamiento propuesto para la nueva construcción. Fuente: (Google Maps, s.f.)	42
Ilustración 20. Vista de las parcelas colindantes con la de nueva construcción. Fuente: (Ministerio de Hacienda y Función Pública & Dirección General del Catastro, s.f.).....	42
Ilustración 21. Disposición de las rejillas para limitar la superficie a construir. Fuente: elaboración propia	43
Ilustración 22. Botón para definir el elemento de referencia (rejilla) en el modelado en 3D. Fuente: elaboración propia	43
Ilustración 23. Botón para definir el elemento de referencia (rejilla) en el modelado en 3D. Fuente: elaboración propia	54
Ilustración 24. Disposición de las rejillas para limitar la superficie a construir. Fuente: elaboración propia.....	55

Ilustración 25. La modificación de la familia tiene un efecto directo en la representación gráfica. Fuente: elaboración propia	55
Ilustración 26. Disposición de las líneas de rejilla que servirán de referencia para los pilares. Fuente: elaboración propia	56
Ilustración 27. Localización del navegador de proyectos en la interfaz de AUTODESK REVIT. Fuente: elaboración propia	57
Ilustración 28. Ubicación del botón cargar familia. Fuente: elaboración propia	59
Ilustración 29. Ubicación de las carpetas con familias instaladas por defecto con Autodesk Revit 2017. Fuente: elaboración propia	60
Ilustración 30. Ubicación de la carpeta que contiene los pilares de acero estructurales que serán considerados en el proyecto. Fuente: elaboración propia	60
Ilustración 31. Selección de la familia que se desea incluir en el proyecto. Fuente: elaboración propia	61
Ilustración 32. Proceso de selección de los elementos de la familia que se quieren incluir en el modelo. Fuente: elaboración propia	61
Ilustración 33. Distribución de pilares en la rejilla. Fuente: elaboración propia	62
Ilustración 34. Menú de selección para insertar un pilar. Fuente: elaboración propia	63
Ilustración 35. Ventana de propiedades para la configuración de un elemento. Fuente: elaboración propia	63
Ilustración 36. Diferentes opciones en la selección de la base del elemento. Fuente: elaboración propia	64
Ilustración 37. Definición de las características del material. Fuente: elaboración propia	65
Ilustración 38. Aspecto del elemento tras renderizado. Fuente: elaboración propia	65
Ilustración 39. Propiedades físicas definidas para el Acero - 345 MPa. Fuente: elaboración propia	66
Ilustración 40. Vista de planta de los pilares HEB dispuestos en la junta de dilatación. Fuente: elaboración propia	67
Ilustración 41. Representación del modelo con todos los pilares dispuestos. Fuente: elaboración propia	68
Ilustración 42. Botón selección zapata aislada. Fuente: elaboración propia	68
Ilustración 43. Zapatas predefinidas en AUTODESK REVIT. Fuente: elaboración propia	69
Ilustración 44. Modificar propiedades de la zapata. Fuente: elaboración propia	69
Ilustración 45. Definición de un nuevo elemento dentro de una familia. Fuente: elaboración propia	70
Ilustración 46. Características geométricas de la zapata. Fuente: elaboración propia	70
Ilustración 47. Modelo con zapatas dispuestas. Fuente: elaboración propia	71
Ilustración 48. Botón de selección del elemento "Viga". Fuente: elaboración propia	72
Ilustración 49. Modelo con vigas de atado dispuestas. Fuente: elaboración propia	72
Ilustración 50. Características dimensionales para los enanos. Fuente: elaboración propia	73
Ilustración 51. Definición completa de la cimentación estructural. Fuente: elaboración propia	73
Ilustración 52. Secciones creadas en la zapata. Fuente: elaboración propia	74
Ilustración 53. Menú para el diseño de la armadura. Fuente: elaboración propia	74
Ilustración 54. Personalización del recubrimiento de armadura. Fuente: elaboración propia	75
Ilustración 55. Plano de inserción de la armadura. Fuente: elaboración propia	75
Ilustración 56. Armadura tipo "21". Fuente: elaboración propia	75
Ilustración 57. Propiedades del conjunto. Fuente: elaboración propia	76
Ilustración 58. Resultado de la armadura en una dirección. Fuente: elaboración propia	76

Ilustración 59. Resultado final de la propuesta para la armadura en zapata. Fuente: elaboración propia.....	76
Ilustración 60. Vista de sección en viga. Fuente: elaboración propia	77
Ilustración 61. Selección del plano de trabajo. Fuente: elaboración propia	77
Ilustración 62. Definición del conjunto de armaduras. Fuente: elaboración propia	77
Ilustración 63. Inserción de armadura longitudinal. Fuente: elaboración propia	78
Ilustración 64. Resultado de insertar la armadura transversal. Fuede: elaboración propia	78
Ilustración 65. Resultado en 3D. Fuente: elaboración propia	78
Ilustración 66. Carga del perfil IPN 300 en el proyecto. Fuente: elaboración propia	79
Ilustración 67. Propuesta de colocación de vigas IPN 300 de atado para los pilares. Fuente: elaboración propia.....	80
Ilustración 68. Selección del plano de alzado más conveniente. Fuente: elaboración propia	81
Ilustración 69. Selección del menú "Definir plano de trabajo". Fuente: elaboración propia ...	81
Ilustración 70. Menú para la selección del plano de trabajo. Fuente: elaboración propia.....	81
Ilustración 71. Interfaz de selección de plano de trabajo. Fuente: elaboración propia	82
Ilustración 72. Selección de la herramienta para dibujar vigas curvas. Fuente: elaboración propia.....	83
Ilustración 73. Viga en arco dispuesta en la estructura. Fuente: elaboración propia.....	83
Ilustración 74. Inclusión de arcos en la zona del voladizo sobre la que apoyará la primera planta de oficinas. Fuente: elaboración propia.....	84
Ilustración 75. Propuesta de diseño del forjado para la primera planta. Fuente: elaboración propia.....	85
Ilustración 76. Apariencia del forjado en la primera planta. Fuente: elaboración propia.....	86
Ilustración 77. Estructura del proyecto aislando la zona de oficinas. Uso del comando "Ocultar elemento". Fuente: elaboración propia.	86
Ilustración 78. Estructura de la zona de oficinas tras disponer la celosía para la cubierta. Fuente: elaboración propia	87
Ilustración 79. Características de la cercha Howe de 8 paneles utilizada como cubierta en la zona de oficinas. Fuente: elaboración propia.	88
Ilustración 80. A la izquierda: disposición predeterminada. A la derecha: disposición con las modificaciones planteadas por el proyectista Fuente: elaboración propia	88
Ilustración 81. Cubierta de la zona de oficinas tras incluir viga de atado en cumbreira. Fuente: elaboración propia.....	89
Ilustración 82. Sistema de vigas. Fuente: elaboración propia	89
Ilustración 83. Definición del plano de trabajo. Fuente: elaboración propia	90
Ilustración 84. Definición del plano de trabajo. Fuente: elaboración propia.	90
Ilustración 85. Selección del plano de trabajo. Fuente: elaboración propia.	90
Ilustración 86. Sistema de vigas en la estructura. Fuente: elaboración propia	91
Ilustración 87. Estructura final de la cubierta para la zona de las oficinas. Fuente: elaboración propia.....	92
Ilustración 88. Preparación de la interfaz para la disposición del forjado en la primera planta. Fuente: elaboración propia.	93
Ilustración 89. Estructura del forjado de la primera planta. Fuente: elaboración propia.	93
Ilustración 90. Comando de inserción de vigas de tornapunta. Fuente: elaboración propia.	94
Ilustración 91. Restricciones en la colocación de las vigas de tornapunta. Fuente: elaboración propia.....	94
Ilustración 92. Estructura de la zona de oficinas incorporando las vigas de tornapunta. Fuente: elaboración propia.	95

Ilustración 93. Estructura de la zona de oficinas tras disponer celosía. Fuente: elaboración propia.....	96
Ilustración 94. Propiedades en la generación de las celosías. Fuente: elaboración propia .	97
Ilustración 95. Vigas de atado en la cumbreira. Fuente: elaboración propia	98
Ilustración 96. Estructura con correas en la cubierta. Fuente: elaboración propia.....	99
Ilustración 97. Estructura para la zona de exposición incluyendo las vigas de tornapunta. Fuente: elaboración propia	99
Ilustración 98. Estructura completa. Fuente: elaboración propia.....	100
Ilustración 99. Insercción de cubierta. Fuente: elaboración propia.....	100
Ilustración 100. Diferentes opciones para el diseño de la cubierta. Fuente: elaboración propia	101
Ilustración 101. Definición de cubierta por perímetro. Fuente: elaboración propia	101
Ilustración 102. Definición de la cubierta por extrusión. Fuente: elaboración propia	102
Ilustración 103. Definición de cubierta por cara. Fuente: elaboración propia.....	102
Ilustración 104. De izquierda a derecha: cubierta a cielo raso, cubierta con imposta, cubierta con canalón. Fuente: elaboración propia	102
Ilustración 105. Posibilidades de selección para el dibujo del perímetro de la cubierta. Fuente: elaboración propia.	103
Ilustración 106. Resultado tras insertar la cubierta. Fuente: elaboración propia.....	103
Ilustración 107. Menú de modificación de cubierta. Fuente: elaboración propia.....	104
Ilustración 108. Resultado tras aplicar " <i>Seleccionar soportes</i> ". Fuente: elaboración propia	104
Ilustración 109. Cubierta a dos aguas en la zona de oficinas. Fuente: elaboración propia .	105
Ilustración 110. Resultado tras la inserción de ambas cubiertas. Fuente: elaboración propia	106
Ilustración 111. Boceto de la escalera para ascender a la primera plana. Fuente: elaboración propia.....	107
Ilustración 112. Icono inserción escalera. Fuente: elaboración propia.....	108
Ilustración 113. Botones para la inserción automática de elementos en escaleras. Fuente: elaboración propia.....	108
Ilustración 114. Inserción paso a paso de la escalera. Fuente: elaboración propia.....	109
Ilustración 115. Resultado 3D de insertar la escalera. Fuente: elaboración propia	109
Ilustración 116. Supresión de los elementos que causan la interferencia. Fuente: elaboración propia.....	110
Ilustración 117. Suelo: arquitectónico. Fuente: elaboración propia	110
Ilustración 118. Suelo: estructural. Fuente: elaboración propia	111
Ilustración 119. De izquierda a derecha: suelo por borde de losa, suelo por cara. Fuente: elaboración propia.....	111
Ilustración 120. Selección del método de inserción del suelo. Fuente: elaboración propia .	112
Ilustración 121. Resultado del boceto para el suelo. Fuente: elaboración propia	112
Ilustración 122. Resultado tras insertar el suelo. A la izquierda, vista de planta. A la derecha, vista en 3D. Fuente: elaboración propia	112
Ilustración 123. Resultado para el suelo en la primera planta en la zona de oficinas. Fuente: elaboración propia.....	113
Ilustración 124. Resultado tras la modificación de la dirección de las vigas. Fuente: elaboración propia.....	113
Ilustración 125. Resultado para el suelo en la segunda planta. Vista planta y en 3D. Fuente: elaboración propia.....	114

Ilustración 126. Resultado para el suelo en la zona exposición. Vista planta y en 3D. Fuente: elaboración propia.....	114
Ilustración 127. Resultado para el suelo en la zona almacén. Vista planta y en 3D. Fuente: elaboración propia.....	115
Ilustración 128. Resultado para el suelo en la zona taller. Vista planta y en 3D. Fuente: elaboración propia.....	115
Ilustración 129. Botón de inserción del componente "Techo". Fuente: elaboración propia .	116
Ilustración 130. A la izquierda, techo automático. A la derecha, boceto de techo. Fuente: elaboración propia.....	116
Ilustración 131. Boceto de techo para la planta baja. Fuente: elaboración propia.....	117
Ilustración 132. Resultado del techo en la primera planta, en color claro. Fuente: elaboración propia.....	117
Ilustración 133. Comprobación de que existe coherencia constructiva. Fuente: elaboración propia.....	118
Ilustración 134. Definición de la cota/altura del techo. Fuente: elaboración propia	118
Ilustración 135. Boceto de techo en la segunda planta Fuente: elaboración propia.....	119
Ilustración 136. Resultado del techo en la segunda planta. Fuente: elaboración propia	119
Ilustración 137. Desfase entre techo y forjado de la primera planta. Fuente: elaboración propia.....	120
Ilustración 138. Ventanas de trabajo. Fuente: elaboración propia.....	121
Ilustración 139. Selección de todos los elementos. Fuente: elaboración propia.....	122
Ilustración 140. Botón crear grupo. Fuente: elaboración propia	122
Ilustración 141. Grupo creado en el Navegador de Proyectos. Fuente: elaboración propia	122
Ilustración 142. Todos los elementos del modelo bajo el mismo grupo. Fuente: elaboración propia.....	123
Ilustración 143. Botón vincular y resultado. Fuente: elaboración propia	123
Ilustración 144. Inserción del modelo como un vínculo. Fuente: elaboración propia.....	123
Ilustración 145. Conversión de vínculo a grupo en modelo. Fuente: elaboración propia	124
Ilustración 146. Resolución de la desunión de elementos. Fuente: elaboración propia	124
Ilustración 147. Resultado del paso de plantilla estructural a plantilla arquitectónica. Fuente: elaboración propia.....	125
Ilustración 148. Cambio en los elementos de las familias. Fuente: elaboración propia.....	125
Ilustración 149. Paneles que conforman la fachada izquierda. Fuente: elaboración propia	126
Ilustración 150. Botón para insertar Muros en el proyecto. Fuente: elaboración propia	126
Ilustración 151. Selección de muro cortina. Fuente: elaboración propia	127
Ilustración 152. Resultado tras insertar el muro cortina. Fuente: elaboración propia	127
Ilustración 153. Muro cortina restringido en altura. Fuente: elaboración propia.....	128
Ilustración 154. Botón para crear rejilla en el muro cortina. Fuente: elaboración propia	128
Ilustración 155. Disposición de las líneas de rejilla en el muro cortina. Fuente: elaboración propia.....	129
Ilustración 156. Resultado de insertar montantes. Fuente: elaboración propia	129
Ilustración 157. Resolución de la interferencia constructiva. Fuente: elaboración propia....	130
Ilustración 158. Inserción del muro en dos etapas. Fuente: elaboración propia	130
Ilustración 159. Muros en las fachadas laterales. Fuente: elaboración propia.....	131
Ilustración 160. Inserción de la columna y resultado de los muros en la fachada frontal. Fuente: elaboración propia	131
Ilustración 161. Muros insertados en la zona delantera. Fuente: elaboración propia	132

Ilustración 162. Resultado de inserción de los muros exteriores en la zona de oficinas.	
Fuente: elaboración propia	132
Ilustración 163. Salón de actos. Vista en 3D y en 2D. Fuente: elaboración propia	133
Ilustración 164. Dispositivos de imagen instalados en el salón de actos. Fuente: elaboración propia.....	133
Ilustración 165. Espacio en bruto destinado a alojar a la primera planta. Fuente: elaboración propia.....	134
Ilustración 166. Propuesta de despacho para responsable. Fuente: elaboración propia	135
Ilustración 167. Entrada a la primera planta de la zona de oficinas y lugar para reuniones rápidas diarias. Fuente: elaboración propia	135
Ilustración 168. Aseos instalados en la primera planta de la zona de oficinas. Fuente: elaboración propia.....	136
Ilustración 169. Sala de descanso habilitada. Fuente: elaboración propia.....	137
Ilustración 170. Resultado de la propuesta de distribución para el área de oficina. Fuente: elaboración propia.....	137
Ilustración 171. 3D de la zona financiera. Fuente: elaboración propia	138
Ilustración 172. Propuesta de diseño para la sección de Recursos Humanos. Fuente: elaboración propia.....	138
Ilustración 173. Sala de reuniones localizada en la primera planta. Fuente: elaboración propia.....	139
Ilustración 174. Sala de espera en la zona de oficina. Fuente: elaboración propia	139
Ilustración 175. Vista de planta de la disposición de los escritorios para los trabajadores. Fuente: elaboración propia	140
Ilustración 176. Vista en 3D de la propuesta de distribución de los puestos de trabajo. Fuente: elaboración propia	140
Ilustración 177. Resultado final para la propuesta de la primera planta de oficinas. Fuente: elaboración propia.....	141
Ilustración 178. Localización del menú Luminarias. Fuente: elaboración propia	141
Ilustración 179. Botones para la creación de un plano de techo. Fuente: elaboración propia	142
Ilustración 180. Comparativa entre plano de planta y plano de techo para la primera planta. Fuente: elaboración propia	142
Ilustración 181. Resultado para la iluminación de la primera planta. Fuente: elaboración propia.....	143
Ilustración 182. Vista en 3D a través de las ventanas de las luminarias. Fuente: elaboración propia.....	143
Ilustración 183. Luminarias en planta baja. Fuente: elaboración propia	144
Ilustración 184. Localización de los vestuarios. Fuente: elaboración propia.....	145
Ilustración 185. Definición de ambos vestuarios. Fuente: elaboración propia	146
Ilustración 186. Resultado final para los vestuarios tras insertar el mobiliario y los elementos de fontanería e higiene. Fuente: elaboración propia.....	147
Ilustración 187. A la izquierda, resultado en 3D. A la derecha, resultado en 3D renderizado. Fuente: elaboración propia	147
Ilustración 188. Localización de la sala de pintura. Fuente: elaboración propia	148
Ilustración 189. Construcción de la sala destinada a la reparación de pintura. Fuente: elaboración propia.....	149
Ilustración 190. Vista en 2D de la zona de reparación de pintura. Fuente: elaboración propia	150

Ilustración 191. Puerta seccional instalada para la entrada de vehículos al taller. Fuente: elaboración propia.....	150
Ilustración 192. Resultado final. Fuente: elaboración propia	151
Ilustración 193. Resultado de instalación de puertas para paso de personal. Fuente: elaboración propia.....	151
Ilustración 194. Oficina auxiliar en la zona taller. Fuente: elaboración propia	152
Ilustración 195. Pequeña sala de descanso en la zona taller. Fuente: elaboración propia ..	153
Ilustración 196. Ejemplo de familia importada. Fuente: elaboración propia	154
Ilustración 197. Inserción de los diferentes elevadores de vehículos en el proyecto. Fuente: elaboración propia.....	154
Ilustración 198. Vehículo sobre elevador. Fuente elaboración propia	155
Ilustración 199. Vista de planta de la zona del taller. Fuente: elaboración propia	155
Ilustración 200. Protecciones de acero en los muros (arriba) y señales de stop a la salida (abajo). Fuente: elaboración propia	156
Ilustración 201. Contenedor destinado al almacenamiento de elementos de valor. Fuente: elaboración propia.....	156
Ilustración 202. Puerta corredera que comunica Almacén - Taller. Fuente: elaboración propia	157
Ilustración 203. Accesos y comunicaciones del Almacén con el resto de áreas. Fuente: elaboración propia.....	158
Ilustración 204. Contenedores para el almacenaje del material. Fuente: elaboración propia	158
Ilustración 205. Estructura para el acceso al segundo nivel. Fuente: elaboración propia ...	159
Ilustración 206. Detección de colisión y resolución del problema. Fuente: elaboración propia	159
Ilustración 207. Estructura completa y acceso al segundo nivel. Fuente: elaboración propia	160
Ilustración 208. Propuesta final para el Almacén. Fuente: elaboración propia	160
Ilustración 209. Vista renderizada del almacén. Fuente: elaboración propia	161
Ilustración 210. Comparativa del Almacén sin y con ventanas. Fuente: elaboración propia	161
Ilustración 211. Planteamiento de los baños para compradores y personal de la zona exposición. Fuente: elaboración propia	162
Ilustración 212. Localización de la zona de exposición en el proyecto. Fuente: elaboración propia.....	163
Ilustración 213. Planteamiento de accesos a otras áreas. Fuentes: elaboración propia	164
Ilustración 214. Propuesta muros exteriores en zona Exposición. Fuente: elaboración propia	164
Ilustración 215. Resultado 3D para la inserción de muros exteriores. Fuente: elaboración propia.....	165
Ilustración 216. Propuesta de distribución de luminarias. Fuente: elaboración propia	166
Ilustración 217. Propuesta de ubicación de los escritorios. Fuente: elaboraci.....	166
Ilustración 218. Propuesta final de distribución de elementos en zona de Exposición. Fuente: elaboración propia.....	167
Ilustración 219. Modelos de personas que se pueden incluir en el modelo AUTODESK REVIT. Fuente: elaboración propia	167
Ilustración 220. Renderizado para la zona de Exposición. Fuente: elaboración propia.....	168
Ilustración 221. Localización del aparcamiento. Fuente: elaboración propia	169
Ilustración 222. Propuesta de distribución de aparcamiento. Fuente: elaboración propia...	169

Ilustración 223. Botón "Insertar CAD". Fuente: elaboración propia	170
Ilustración 224. Selección de propiedades en la importación de CAD. Fuente: elaboración propia.....	170
Ilustración 225. Resultado de inserción del plano del Catastro, archivo .dwg. Fuente: elaboración propia.....	171
Ilustración 226. Mapa del Catastro en .dwg con la correcta orientación. Fuente: elaboración propia.....	171
Ilustración 227. Introducción de la información del proyecto. Fuente: elaboración propia ..	173
Ilustración 228. Información del proyecto. Fuente: elaboración propia	173
Ilustración 229. Información definida y contenida en el proyecto. Fuente: elaboración propia	173
Ilustración 230. Insertar bloques de título para planos. Fuente: elaboración propia	174
Ilustración 231. Crear plano/vista de plano. Fuente: elaboración propia.....	174
Ilustración 232. Opciones de tamaño de planos. Fuente: elaboración propia.....	175
Ilustración 233. Ejemplo de plano vacío A3. Fuente: elaboración propia.....	176
Ilustración 234. Ruta para la inserción de tabla de planificación/cantidades. Fuente: elaboración propia.....	178
Ilustración 235. Definición de la categoría de la tabla de planificación. Fuente: elaboración propia.....	179
Ilustración 236. Menú de diálogo para seleccionar los campos de la tabla de planificación. Fuente: elaboración propia	180
Ilustración 237. Familias y tipos de pilares incluidos en el proyecto. Fuente: elaboración propia.....	180
Ilustración 238. Tabla de conteo de pilares estructurales. Fuente: elaboración propia	181
Ilustración 239. Agrupación de categorías. Fuente: elaboración propia.....	182
Ilustración 240. Desmarcar la opción <i>Detallar cada ejemplar</i> . Fuente: elaboración propia ..	182
Ilustración 241. Datos agrupados por tipo de familias. Fuente: elaboración propia.....	183
Ilustración 242. Tabla de planificación de cómputo de materiales para los muros. Fuente: elaboración propia.....	184
Ilustración 243. Exportar tabla de planificación en archivo de texto plano. Fuente: elaboración propia.....	185
Ilustración 244. Características de la exportación de datos. Fuente: elaboración propia	186
Ilustración 245. Texto plano producido en la exportación de datos. Fuente: elaboración propia.....	186
Ilustración 246. Definición del delimitador de columna. Fuente: elaboración propia	187
Ilustración 247. Datos exportados en Excel. Fuente: elaboración propia.....	187
Ilustración 248. Área de muro construida por tipo. Fuente: elaboración propia	188

IV Anejos

Anejo I. Tablas de planificación	197
Anejo II. Planos generados	198

1. Introducción y objetivos

La tecnología BIM (*Building Information Modeling*) representa una revolución en el campo del diseño industrial y arquitectónico. La concepción actual del BIM es muy amplia: hay quién la entiende como un tipo de *software* mientras que también hay quien piensa que el BIM es la representación en 3D de una construcción. Otra concepción que presenta el BIM es la de su uso como herramienta que no sirve más que para organizar y disponer de forma ordenada para el equipo de profesionales toda la información de la que consta el proyecto (elementos, materiales, características, etc.).

El BIM (*Building Information Modeling or Management* o modelado de información de construcción) consiste en la generación de un modelo virtual que representa la idea final futura previa construcción o la propia realidad tal y como se encuentra en construcción física. En este modelo virtual generado se incluirían todas las características tanto físicas como estéticas de los elementos que forman parte de la estructura, así como que incluiría también los elementos de la construcción.

Este nuevo concepto de método de diseño, aplicado a la ingeniería industrial, representa una completa revolución en el campo de la Ingeniería y Arquitectura. Supone el paso de una representación en 2D de una construcción a través de un conjunto de planos a una visión en 3D de un proyecto completo en la que se relacionan todos los aspectos lo conforman: terreno, estructura, elementos arquitectónicos, diferentes instalaciones, etc.

La profesión de ingeniero conlleva asociada tanto de forma explícita como implícita la cualidad de desarrollarse según las nuevas formas de cálculo y diseño que vayan surgiendo con el paso del tiempo. El autoaprendizaje y la formación continua deben ser acciones llevadas a cabo por el ingeniero a lo largo de toda su carrera. Citando a Charles Darwin, escritor de *El Origen de las Especies* (1859): “*no es la más fuerte de las especies la que sobrevive y tampoco la más inteligente. Sobrevive aquella especie que más se adapta al cambio*”.

El objetivo principal de la elaboración de este Trabajo de Fin de Grado es el de generar un modelo 3D a través de un software de diseño BIM de una construcción destinada a la venta y servicio post-venta de automóviles en el polígono industrial Nuevo Jaén, en Jaén. Sin embargo, durante la elaboración del TFG se presentan los siguientes puntos:

- ✓ Conocer qué es la tecnología BIM y en qué punto se encuentra la implantación de este sistema de diseño.
- ✓ Realizar una revisión de la generación de elementos en el modelo 3D, mostrando la diversidad de características y propiedades que pueden atribuirse a cada elemento.
- ✓ Introducir la metodología del cálculo estructural mediante el uso de software BIM a través de una búsqueda de información.
- ✓ Generar planos, tablas, vistas y documentación a partir del modelo en 3D generado.

2. Antecedentes

2.1. Definición de BIM

La definición de BIM dada por el Comité Nacional de los EEUU para los Proyectos Estándar con BIM (US National Building Information Model Standard Project Committee¹) dice:

El BIM es la representación digital física y con las características funcionales de una instalación. El BIM consiste en una fuente de recursos compartidos sobre una instalación que forma una base fiable para las decisiones durante su ciclo de vida; definida como existente desde la más temprana concepción hasta la demolición², (Ashworth & Perera, 2010).

A la definición literal del concepto BIM se le puede añadir una segunda conceptual que se refiere a la función que gestiona dentro del modelo creado (HILDEBRANDT GRUPPE, 2017):

- **BUILDING:** la edificación (*Building*) se entiende como un proyecto colaborativo en el que interactúa un equipo de ingenieros multidisciplinar. Gracias a esta cooperación entre diferentes áreas de ingeniería se anteponen y anticipan soluciones a los problemas que pueden plantearse a lo largo de la fase de construcción y que no se han identificado en el proceso de diseño.

Una de las principales ventajas que acompañan al modelado con tecnología BIM es la visualización del proyecto en 3D. Gracias a esta visualización del proyecto se puede comprobar como es la integración de la construcción con el entorno, por ejemplo.

- **INFORMATION:** la interacción y trabajo en un entorno BIM permite la cooperación de los diferentes miembros del equipo, generalmente interdisciplinar, lo que permite guardar la información y permitir que el

¹ <https://www.nationalbimstandard.org/>

² Building Information Modeling (BIM) is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. A BIM is a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its life-cycle; defined as existing from earliest conception to demolition.

proyecto pueda ser considerado como una base de datos que contiene toda la información del proyecto. De esta forma, toda la información está accesible para todos los miembros del equipo en cualquier momento. Una aplicación práctica de lo anteriormente expuesto sería que un arquitecto podría conocer, sin necesidad de preguntar a un ingeniero industrial, el tamaño de las canalizaciones para la climatización del edificio tan solamente interactuando con el modelo en 3D.

- **MODELING o MANAGEMENT:** no existe un criterio claro acerca a qué se refiere la M de BIM. Ambos conceptos son aceptados por los diferentes expertos en BIM que existen en el mundo. Éstos afirman que *Modeling* se refiere a la representación del proyecto en 3D y *Management* hace referencia a la concepción del proyecto como la suma de las informaciones de cada uno de los elementos que componen el elemento modelado.

El BIM forma parte de una forma de trabajo dinámica en la que se combinan los equipos multidisciplinares y permite una desgeolocalización de los miembros del grupo de trabajo. De este modo se promueve la mejora en la calidad de la construcción puesto que permite el trabajo cooperativo de los mejores ingenieros y diseñadores del sector sin la obligación de desplazamiento a una oficina para el desempeño de su función.



Ilustración 1. Concepción del BIM.

Fuente: (Wikipedia, Modelado de información de construcción, 2018)

En un diseño generado por medio de un software BIM se pueden encontrar además de la propia estructura con sus elementos caracterizados, las instalaciones eléctricas o de saneamiento de la construcción, así como también los detalles de una instalación de ventilación para las zonas interiores.

2.2. Desarrollo de la tecnología BIM

Antes de considerar la tecnología BIM conviene retrotraerse al año 1975. En este año surge en el mundo ingenieril la capacidad de representar futuras construcciones mediante tecnología 3D a partir de ordenadores personales.

Posteriormente, en 1984 la empresa Graphisoft (con sede en Budapest, Hungría) lanza el primer software que permite realizar el diseño de una construcción futura mediante tecnología 3D. Este se llamó ArchiCAD (GRAPHISOFT Worldwide, 2016). Además, fue el primer software de diseño en 3D que fue posible instalar en ordenadores personales.

En 1994 se funda la IAI (International Alliance of Interoperability). La IAI es una organización internacional que tiene, entre sus objetivos, mejorar el intercambio de información entre las aplicaciones de softwares usadas en la industria de la construcción. Esta alianza internacional, con origen en Estados Unidos, cuenta con representación en su mesa con países que van desde Europa hasta Australia. Este fue el punto de partida para lo que hoy en día es la gran ventaja del BIM: compartir y permitir el intercambio de modelos. La IAI evolucionó y en el día de hoy se le conoce como BuildingSmart. La sede de este conglomerado de empresas se encuentra en EEUU. Forma parte de la agencia ISO.

Sin embargo, no es hasta con la entrada del nuevo milenio cuando el uso de la metodología de diseño BIM comienza a extenderse entre los profesionales. En el año 2000 se desarrolla el software Revit por la compañía Revit Technology Corporation. Este programa introdujo el aspecto paramétrico en cada una de las partes que comprenden el proyecto. En 2002, la compañía Autodesk compró Revit por la cantidad de 133 millones dólares marcando un punto de inflexión en el proceso de diseño de la construcción (Wikipedia, Revit, 2018). A partir de ese momento comienza a tener lugar

una campaña promoviendo el uso de este tipo de software y se marca como punto de partida de la revolución de la metodología del diseño en la construcción (Crotty, 2011).

Desde 2007 en los Estados Unidos, la GSA (General Services Administration, EE.UU.) demanda la presentación de proyectos realizados con tecnología BIM en concursos de obra pública (Liébana et al., 2014).

A día de hoy son numerosos las empresas tecnológicas que incorporan software BIM entre sus catálogos: Autodes, Tekla³, Nemetschek⁴, ARRIS⁵, AVEVA Solutions⁶, entre otros.

2.3. Niveles en el BIM.

Debido a la complejidad en la información que puede compartirse a través de la tecnología BIM, conviene plantear el cómo se puede simplificar este trasvase y uso de información. Para ello se consideran diferentes niveles de desarrollo (*Level of Development*) y niveles de detalle (*Level of Detail*).

Los niveles de desarrollo de un proyecto realizado a través de un software BIM permiten infinitos resultados a partir de la combinación de la aplicación de diferentes niveles en los elementos del proyecto. Por ello, Mervyn Richards y Mark Bew dieron forma a un diagrama en el que muestra el “Modelo de Madurez BIM”. El diagrama puede ser encontrado en el PAS 1192 (British Standard Institution, 2013) y se muestra en la Ilustración 2:

³ <http://www.tekla.com/>

⁴ <https://www.nemetschek.com/en/>

⁵ <http://www.arriscad.com/>

⁶ <http://www.aveva.com/>

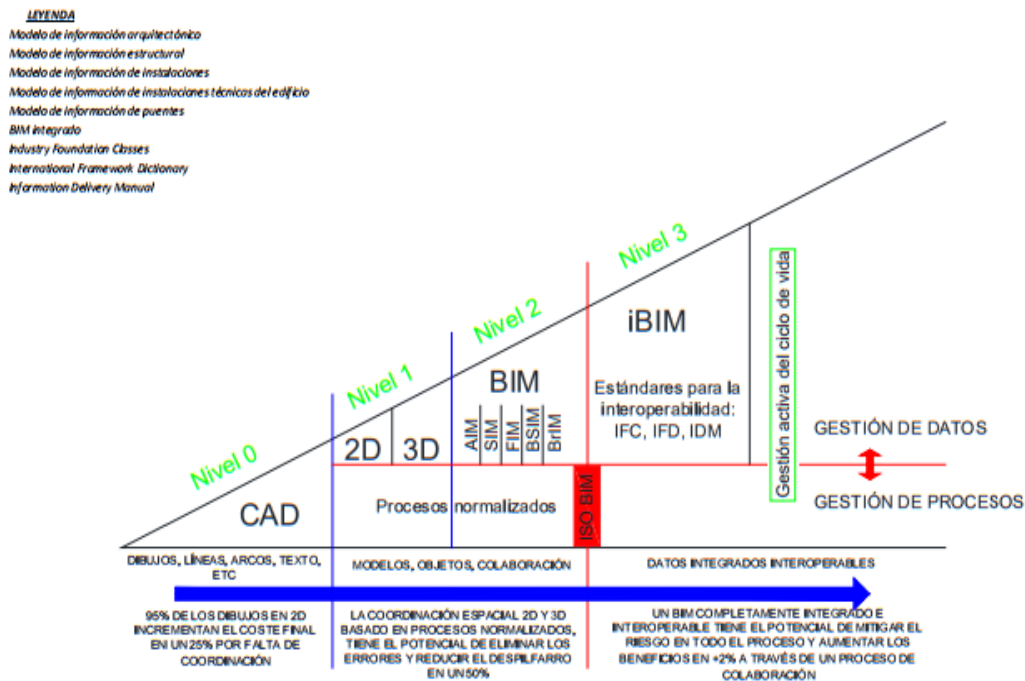


Ilustración 2. Diagrama de maduración en el diseño BIM.
Fuente: (British Standard Institution, 2013)

Trabajando sobre el diagrama de la Ilustración 2:

- **Nivel 0:** en este nivel, el proceso de diseño está relacionado con la forma tradicional de dibujar en la que el diseño se realiza sobre un plano en 2D generalmente. También pueden realizarse bocetos en 3D. Sin embargo, en este nivel no entra en juego ningún estándar o norma (Gómez Fernández, Junio, 2013).
- **Nivel 1:** aún se siguen usando modelos 2D en el diseño de la construcción. Sin embargo, comienza la interacción entre un equipo multidisciplinar. El proceso no se encuentra regido bajo normas de estilo y orden en el proceso (Martín Dorta, González de Chaves Assef, & Roldán Méndez, 2014).
- **Nivel 2:** a partir de este nivel sólo se concibe el diseño de la edificación usando el 3D. En este punto es necesaria la conexión entre todos los profesionales en red a fin de poder representar e integrar todos los aspectos en el modelo (Gómez Fernández, Junio, 2013).
- **Nivel 3:** los datos que componen el proyecto son compartidos en red permitiendo que los miembros (con diferente geolocalización) trabajen

bajo un mismo archivo (fuente común). Así, el modelo obtenido sería una fiel representación de cómo sería la construcción una vez fuera construida y se hubieran considerado todos los elementos que la forman.

En este nivel se combinan todos los elementos estructurales, instalaciones y canalizaciones que van a formar parte en la construcción final.

Continuando con la observación del diagrama anterior de la Ilustración 2, se notará que alcanzar el nivel 3 no implica haber desarrollado completamente la tecnología BIM. Es un proceso abierto que siempre va a tener la posibilidad de evolucionar y mejorar procesos y resultados. Actualmente, el mercado se encuentra localizado en su gran mayoría en el nivel 1. Sin embargo aquellas empresas que hicieron el esfuerzo de invertir en la tecnología BIM y fueron capaces de dar el paso al nivel 2 han visto revertidas las inversiones en forma de beneficios.

Es cuestión de tiempo que la interacción entre empresa diseñadora y sus proveedores sea completa (Gómez Fernández, Junio, 2013).

La tecnología BIM viene acompañada además, como es de esperar, de una revolución en la forma en la que se gestiona el proyecto. Hasta hace unos años, el diseño de una construcción contemplaba los aspectos del diseño en 2D (plano) y en 3D (modelo tridimensional) de forma independiente sin ninguna relación directa entre ellos.

Este paso de un entorno de diseño 2D a 3D ha traído consigo la introducción de nuevos factores o dimensiones referidas durante la concepción y maduración del proyecto. Se incorpora como factor en el proceso de diseño al tiempo, lo que da lugar a trabajar en un entorno de 4D. Además, uno de los grandes elementos condicionantes que intervienen en el proceso de diseño de la construcción son los presupuestos y costes. De esta forma se crea un entorno en 5D para incluir el factor económico a los ya anteriormente expuestos.

Continuando con el desarrollo anterior, el proceso de maduración del BIM contempla también el desarrollo en dos nuevas dimensiones. Éstas hacen referencia a los análisis de sostenibilidad que se realizan a la estructura (con lo que se obtiene

en entorno en 6D) y a la gestión a la que está destinada la construcción una vez esté finalizada (entorno en 7D). La Ilustración 3 muestra la evolución en la concepción del diseño del modelo:

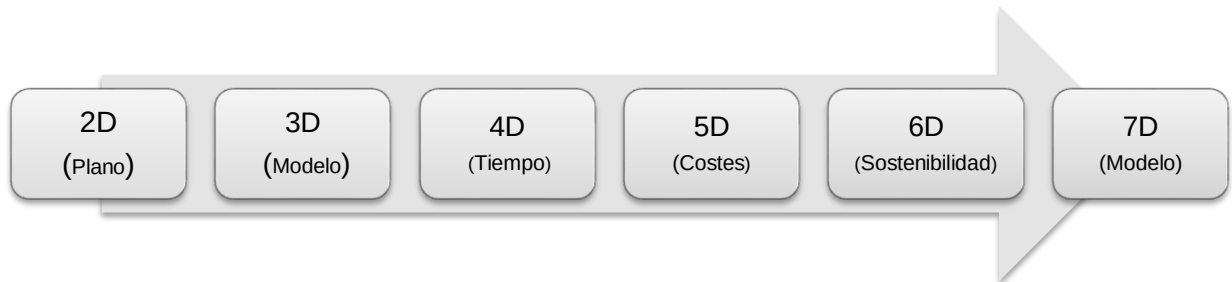


Ilustración 3. Esquema de evolución de la gestión de proyecto. Fuente: elaboración propia.

2.4. Niveles de detalle y niveles de desarrollo (LOD)

La representación de un modelo y la cantidad de información presente en él es un tema complejo que requiere mucha experiencia y habilidad. Es por ello que existen diferentes niveles que expresan la cantidad de detalle o información que contiene el modelo. Hay que tener en cuenta que con el término LOD se puede referirse tanto al nivel de detalle (*Level of Detail*) como al nivel de desarrollo de un proyecto (*Level of Development*). Pese a la similitud que puede existir entre ambos conceptos, es necesario presentarlos indicando las diferencias que existen entre ellos:

- ✓ **Level of Detail – Niveles de detalle:** hace referencia al detalle con el que se presenta cada uno de los elementos que componen el proyecto. De esta forma una viga podría representarse desde una línea (detalle mínimo) hasta un renderizado para tener una completa visión estética del elemento.

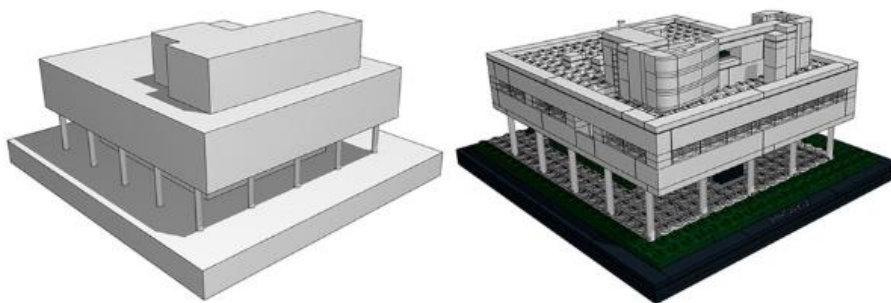


Ilustración 4. Niveles de detalle.
Fuente: Bryan, 2016

La Ilustración 4 es un ejemplo de cómo el modelo de una construcción puede ser concebido en diferente grado de detalle.

- ✓ **Level of Development – Niveles de desarrollo:** el grado en el que la geometría del elemento y la información adjunta al elemento han sido concebidas. Esta información incluida dentro del elemento de diseño establece la base sobre la que se apoyan los equipos de diseño. A diferencia del nivel de detalle que establece la silueta estética del elemento, en el nivel de desarrollo se incluye además informaciones de las propiedades físicas como resistencia a tracciones, propiedades de materiales, etc. (BIMFORUM, 2013).

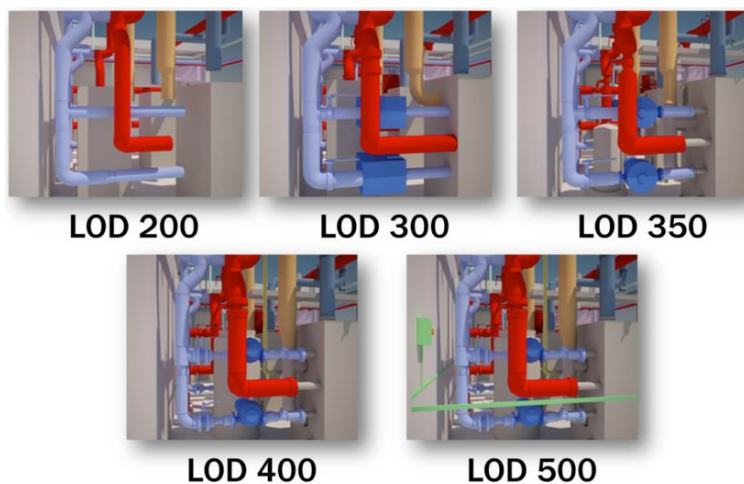


Ilustración 5. Niveles de desarrollo.
Fuente: (Lanmar Services, 2014)

En la Ilustración 5 se puede observar como la complejidad de la representación va aumentando conforme lo hace el LOD.

A continuación se trabajará con un ejemplo de la aplicación práctica de los niveles de desarrollo en el diseño y planteamiento de un anclaje estructural de una viga al suelo:

- ✓ **LOD 100:** en este nivel de desarrollo, el elemento se representa como un símbolo (una viga sería representada con una línea; una silla, con un cubo, etc.). El cuerpo se entiende como una figura o ente sólido sin ninguna característica más que su silueta. Esto se observa en la

Ilustración 6:

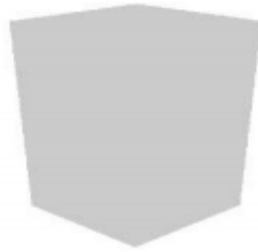


Ilustración 6. Representación en LOD 100 de anclaje estructural de una viga al suelo.
Fuente: BIFORUM, 2013

- ✓ **LOD 200:** el elemento se representa aún de una forma simple. Sin embargo, en este punto se define una geometría similar a la real que tiene el elemento constructivo. Se tienen en cuenta, además, los elementos del entorno. Continuando con el ejemplo anterior, en la Ilustración 7 el cubo se transforma en una viga que, pese a no tener una silueta definitiva, ya se aproxima a su forma final.

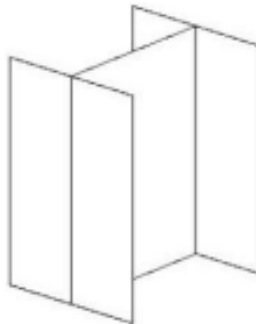


Ilustración 7. Representación en LOD 200 de anclaje estructural de una viga al suelo.
Fuente: BIFORUM, 2013

- ✓ **LOD 300:** a partir de aquí se representa el elemento de forma gráfica conteniendo la información de todos los elementos que lo conforman. En este punto, la silueta y orientación son próximos a la realidad. Se pueden encontrar también información y características del material empleado (información no gráfica). Continuando con el ejemplo, se define la correcta orientación, tamaño y forma entendiendo al elemento como una malla de puntos. Además se incluye diferente información no gráfica, como por ejemplo, la apariencia final del elemento.



Ilustración 8. Representación en LOD 300 de anclaje estructural de una viga al suelo.
Fuente: BIFORUM, 2013

- ✓ **LOD 350:** el elemento es representado de forma gráfica considerándolo como un sistema con diferentes elementos. Se tiene en cuenta el tamaño, posición, número de elementos y forma. Por primera vez en el proyecto aparecería una interacción entre el elemento con el resto de sistemas que compondrían el proyecto. Considerando el ejemplo, se tiene en cuenta todos los elementos que componen el sistema de

anclaje, tal y como diferentes pletinas, barras y tuercas. El resultado final puede verse en la Ilustración 9:

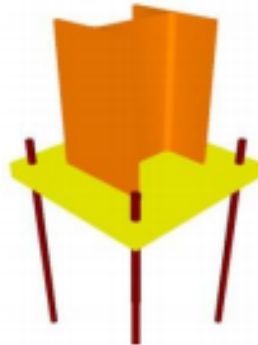


Ilustración 9. Representación en LOD 350 de anclaje estructural de una viga al suelo.
Fuente: BIFORUM, 2013

- ✓ **LOD 400:** el modelo es representado gráficamente como un sistema considerando todos los elementos que lo componen. La forma, ubicación, cantidad y orientación que presenta el sistema de elementos se muestra de forma real a la propuesta para la construcción. Además se puede considerar la información relativa a la fabricación, montaje y de la instalación.

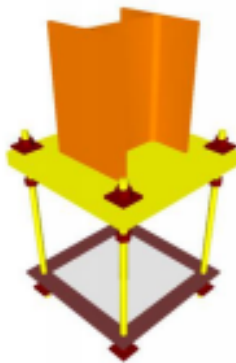


Ilustración 10. Representación en LOD 400 de anclaje estructural de una viga al suelo.
Fuente: BIFORUM, 2013

- ✓ **LOD 500:** la representación gráfica del elemento es tal cual se muestra en la realidad. La representación localización, forma, cantidad y orientación en el ordenador sería un “espejo de tal y como sería en la realidad”.

A grosso modo, se puede definir al Nivel de Detalle como el nivel de profundidad de detalle con el que se presenta cada elemento dentro del modelo virtual en el que se trabaja. El nivel de desarrollo, por otro lado, atribuye un nivel un nivel de información en el modelo virtual sobre el que trabaja que se relaciona con las características reales físicas (propiedades físicas) que presenta en la realidad (BIMFORUM, 2013).

2.5. Ventajas y limitaciones en el diseño con tecnología BIM

Como sucede con todo, la utilización de un sistema de diseño u otro viene seguido de unas ventajas y desventajas. En el caso de la tecnología de Building Information Modelling, la lista de ventajas que acompaña su uso es bastante más larga en comparación con las desventajas que trae consigo.

2.5.1. Ventajas en el uso de la tecnología BIM

Son muchas las ventajas que acompañan a la tecnología BIM. Su propia evolución forma parte de ellas (McNeill et al., 2000). Ésta ha sido tal que:

- ✓ No fue hasta finales del siglo XIX cuando comenzó una pequeña revolución en el proceso de diseño. Entonces, los ingenieros y arquitectos dedicados al proceso de diseño y construcción usaban herramientas simples tales como lápices, papeles y reglas.

Posteriormente llegó la invención y la implementación de las herramientas informáticas en el diseño de estructuras. El ordenador personal se hizo esencial en el proceso de diseño en 2D. Tras el final de la Segunda Guerra Mundial se desarrolló el que fue el primer software de diseño (Sketchpad, creado por Ivan Sutherland). A partir de aquí la tecnología CAD no dejaría de evolucionar hasta el día de hoy.

Con la aparición de los ordenadores personales que cualquier profesional dedicado al diseño de construcciones podía tener en su despacho, la compañía Autodesk desarrollaría el AutoCAD, software por excelencia en el proceso del diseño 2D.

Esta evolución que estaba sufriendo el diseño desembocó finalmente en el diseño en tres dimensiones Sin embargo, la propia evolución imparable que está teniendo el proceso de diseño desembocaría en un ambiente de trabajo basado en siete dimensiones (7D) (Yan, 2008).

- ✓ Permite el diseño de estructuras en 3D de forma directa. De este modo se permite una visión perfecta de todas las zonas y esquinas que componen el modelo. Esto permite la detección de forma precoz a la fase de construcción de aquellos problemas cuya resolución sería más costosa una vez se hubiera empezado con el proceso constructivo y conllevara modificaciones.

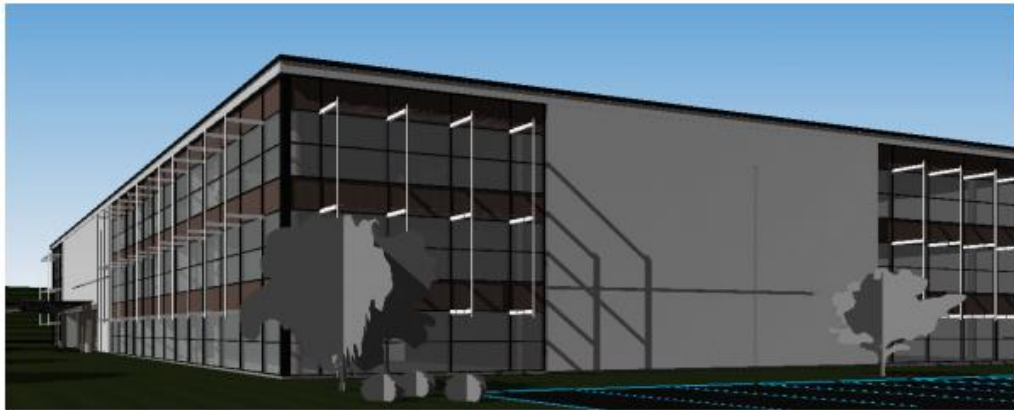


Ilustración 11. Perspectiva en 3D de proyectos de construcción pueden generarse de forma rápida a través de un software BIM.

Fuente: (McNeill et al., 2000)

- ✓ El proceso de rectificación o modificación de cualquier elemento se traduce se transmite a todos los campos en conceptos de coste económico, coste de material y en la gestión del horario. Por ejemplo, si hubiera una interferencia entre un pilar (elemento estructural) con dimensiones especificadas bajo norma y una tubería de agua caliente, el desplazamiento de la tubería para rodear al pilar (ya que no puede atravesarlo) se traduciría en un aumento del material (más tubería y codos se harían necesarios), costes (más material, más tiempo de personal), mayor tiempo de instalación necesario, las pérdidas de carga que pueden producirse por cambio en la geometría rectilínea (habría que calcular si la primera bomba considerada para el bombeo del agua caliente a la calefacción fuera suficiente), etc.
- ✓ El diseño usando elementos paramétricos permite la creación de un modelo constructivo con poco esfuerzo. A partir de un elemento base con unas dimensiones predefinidas pueden generarse otros similares. En la tecnología BIM, estos elementos paramétricos con propiedades predefinidas reciben el nombre de familias. Por ejemplo, se puede disponer de una puerta con un ancho medio (80 cm) pero se hace

necesario instalar el mismo modelo de puerta con un ancho mayor. Esto sería algo muy fácil solamente modificando los aspectos paramétricos del objeto.

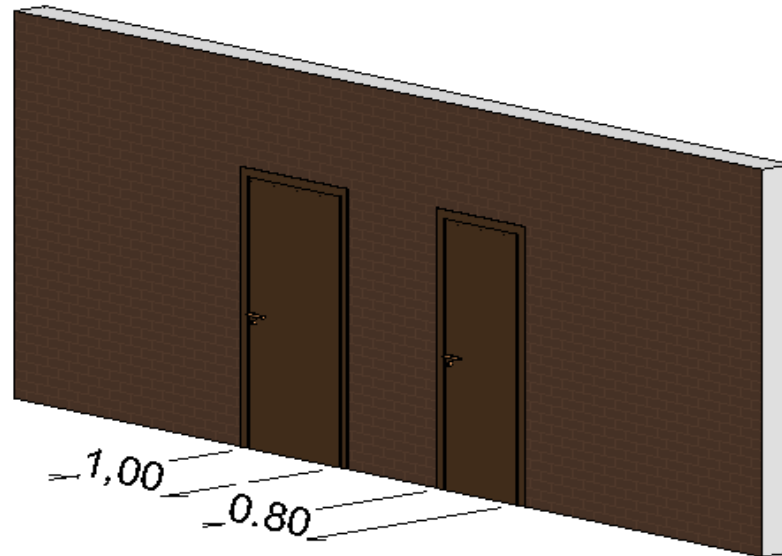


Ilustración 12. Comparativa del mismo elemento modificando un aspecto paramétrico como el ancho.

Fuente: elaboración propia

- ✓ Partiendo de lo expuesto anteriormente, la modificación de un elemento o conjunto se transmite a todas las vistas y secciones que conforman el modelo. De este modo el ahorro de tiempo de que se produce es considerable. De la misma forma, cualquier cambio en el modelo se exporta a todos los modelos conectados entre sí que pertenezcan a los distintos profesionales que conforman el equipo de diseño, por ello es importante trabajar sobre la fuente común.
- ✓ La gestión de la información es otro de los principales beneficios que acompaña el uso de la tecnología BIM en el proceso de diseño. A través de catálogos creados por los proveedores de materiales y mobiliario en los que se incluya precios, áreas, masas, volúmenes, etc. se puede calcular de forma rápida, eficaz y precisa diferentes variables muy importantes de cara al proceso de diseño, como por ejemplo, los costes de materiales para generar un presupuesto de obra .

Desde el punto de vista de la ecosostenibilidad, permite al equipo de proyector calcular cómo de eficaz ha sido la gestión del material del equipo de construcción, ya que se puede contabilizar la cantidad de material utilizado vs cantidad de material real demandado por el proyecto.

- ✓ Como comentado anteriormente, el trabajo en un entorno interdisciplinar va relacionado de forma muy directa a una comunicación efectiva y eficaz entre todos los agentes que intervienen en el proceso. Para una gran construcción, arquitectos comparten modelo con ingenieros técnicos dedicados al diseño de instalaciones. El que todos estos agentes estén trabajando sobre el mismo modelo implica que la información tiene que estar accesible a cualquiera de ellos. En el uso de la tecnología BIM, cada elemento que conforma el modelo va acompañado con una serie de características físicas que pueden ser de interés para el resto de miembros del equipo una vez llegado el momento.
- ✓ La comunicación entre los actores principales en el proceso de diseño permite la detección, de forma anticipada, de posibles conflictos lo que se traduciría en una reducción en el tiempo de análisis del problema y búsqueda de soluciones. La Ilustración 13 se muestra como la comunicación reduce los costes asociados a la corrección de errores que, si no hubiere sido por el BIM, no habrían sido detectados en la fase de diseño:

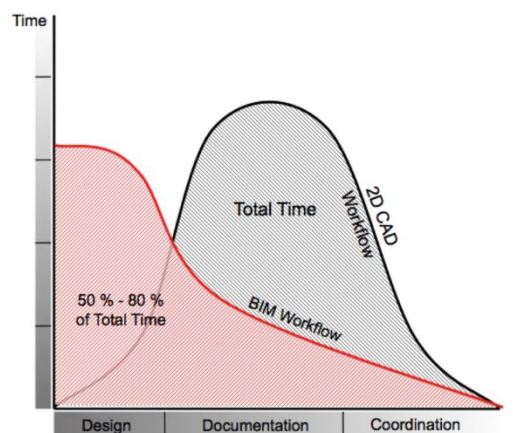


Ilustración 13. Comparativa en el flujo de trabajo según proyecto realizado por CAD o BIM. Fuente: (Graphicsoft, s.f.)

Los costes generados por incongruencias o interferencias entre elementos son mayores conforme más avanzado está el diseño de la

estructura. La curva mostrada en la Ilustración 14 muestra como los costes originados en las fases previas al inicio de la construcción conllevan asociados unos elevados costes.

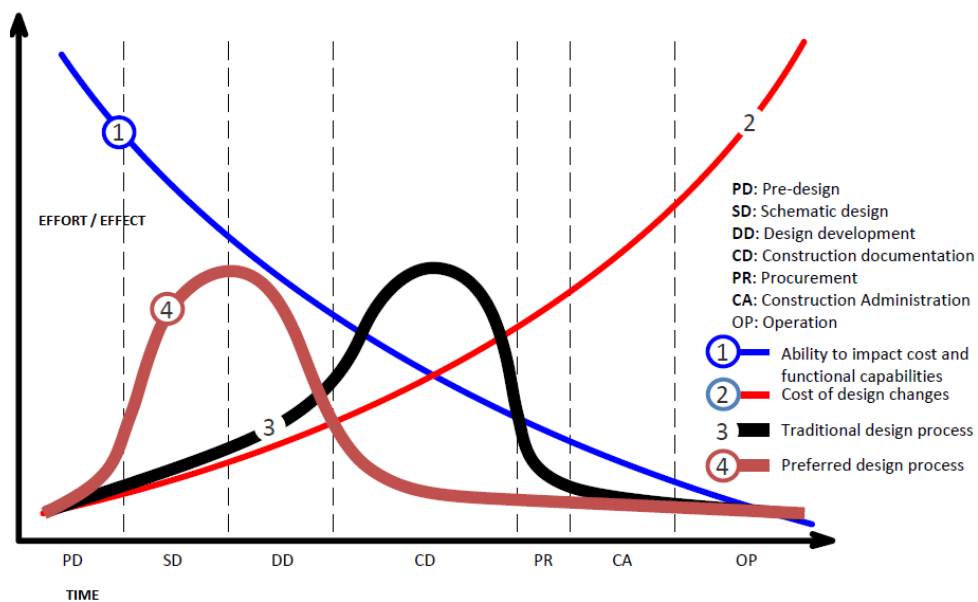


Ilustración 14. Curva de MacLeamy.
Fuente: Nikles, 2013

- ✓ El uso del BIM en el proceso de diseño se traduce, de nuevo, en una mejora en el proceso de diseño, esta vez, de las instalaciones que se encuentran dentro de la construcción. El tener un modelo virtual de, por ejemplo, las canalizaciones que componen el sistema de climatización permite conocer de antemano las pérdidas de carga que se van a producir en la instalación de cara a la selección de la bomba de refrigeración; así como calcular de forma rápida los volúmenes de renovación del aire de las estancias.

2.5.2. Limitaciones acompañadas al diseño con BIM

Pese a que a priori el uso de la tecnología BIM en el diseño de obra grande y obra pequeña trae consigo solamente ventajas, es cierto que diversos aspectos se deben de tener en cuenta a la hora de recurrir a ellos como herramienta de diseño (McNeill et al., 2000):

- ✓ El BIM no es barato. Es algo evidente que sea cual sea el método que el equipo de diseño use a la hora de diseñar (CAD o BIM) es necesaria la compra del software, así como su mantenimiento y actualización. Sin

embargo, todos estos gastos vienen a ser más elevados cuando se utilizan software de tipo BIM. Además, dada la complejidad del entorno con el que se trabaja, es inevitable la necesidad de disponer de equipos electrónicos de mayor potencia.

Como se muestra en la Ilustración 15, la inversión que se hace necesaria realizar en la implementación de la tecnología BIM en un estudio de ingeniería, por ejemplo, origina cierta pérdida de producción a corto plazo que, a medio-largo plazo significará un gran aumento en la productividad (considerando el retorno también):

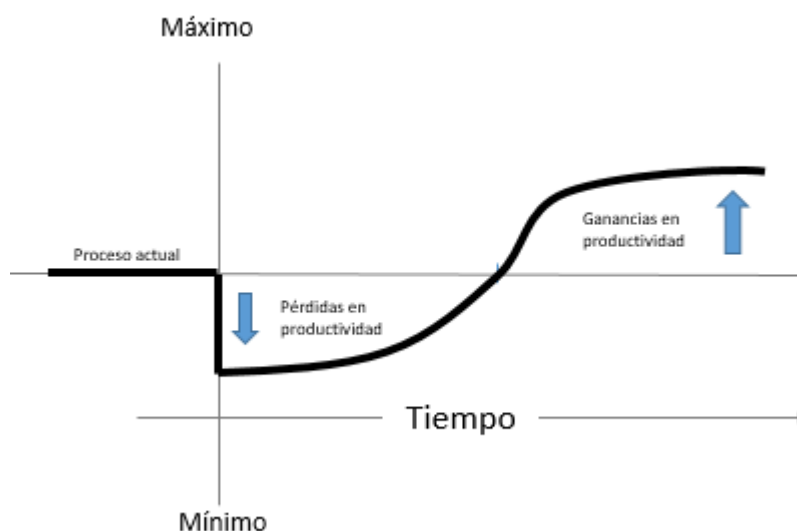


Ilustración 15. Evolución de la productividad con la implantación de la tecnología BIM.

Fuente: elaboración propia

- ✓ Del mismo modo que la utilización del software BIM es más costosa que la del software CAD, la formación que requieren los profesionales que trabajen con esta tecnología también lo será. Sin embargo, se ha demostrado ya que la inversión temprana en la formación de los trabajadores puede suponer una ventaja competitiva en un mundo en el que la tecnología BIM es más demandada en proyectos de gran envergadura.
- ✓ Hoy en día existen diferentes firmas que han desarrollado software de diseño en CAD como AutoCAD (Autodesk), Trimble Sketchup (Google) y Draftsight (Dassault Systemes). Lo mismo sucede con software dedicados al BIM como Revit (Autodesk), Vectorworks (Nemetschek) y Archicad

(Graphisoft), por ejemplo.

Como consecuencia de esta interoperabilidad entre diferentes agentes, se hace necesaria la creación de una extensión de archivo que sea legible por cualquier programa BIM. Por esto, se creó la extensión IFC (Industry Foundation Classes). En este archivo se guardan las principales propiedades de los elementos así como las relaciones existentes entre ellos. La Ilustración 16 da muestras de su presencia en Revit:



Ilustración 16. Interfaz de selección de formato estándar para compartir archivos BIM.
Fuente: Elaboración propia

2.6. Situación actual de la implantación del BIM

La evolución del uso de la tecnología BIM en el proceso de diseño de una construcción viene siguiendo una curva exponencial durante los últimos años. La importante presencia que está comenzando a tener esta metodología del diseño en diferentes países como Estados Unidos y Canadá en América, y países del centro y occidente de Europa está comenzando a rivalizar con las más clásicas.

El estudio realizado por Cambashi Insights⁷ muestra como el crecimiento de las inversiones relacionadas con el cambio hacia esta forma de trabajar crece de forma clara en todo el mundo. Los países con mayores inversiones en esta tecnología, a fecha de 2016, son Australia, Holanda y Suiza (BIMCommunity, 2016).

⁷ <https://insights.cambashi.com/>

En España, la estandarización está siendo llevada a cabo por AENOR⁸ (Asociación Española de Normalización y Certificación). Esta asociación es la representante de España en frente a las organizaciones de normalización y estandarización internacionales como ISO⁹ y europeas como CEN¹⁰ (Comité Europeo de Normalización).

Si se analiza el marco legal en el que se encuentra la filosofía BIM país por país se puede observar como Europa camina a pasos de gigante en este ámbito abanderando junto con Norteamérica el cambio en el proceso de diseño.

En Julio de 2017, tras una reunión del EU BIM Task Group¹¹ (grupo colaborativo multidisciplinar del ámbito de la ingeniería de la construcción e infraestructuras del que forman parte 21 países de la Unión Europea) se creó el *Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector*¹². A través de este documento se pretende proveer a Europa de un mercado digital, más abierto y competitivo que derivaría en una mejora de la interlocución entre el sector público y privado. En palabras de su presidente Adam Matthews: “*Nuestra visión es construir, junto con el sector privado, un mercado de construcción digital competitivo y abierto que sienta las bases de unos estándares comunes. Este manual demuestra la importancia de una acción coordinada del sector público tanto a nivel europeo como nacional para impulsar esta visión*” (Matthews, 2017).

Continuando con este análisis, el proceso de implantación de la metodología de diseño y construcción con el BIM en diferentes países se encuentra de la siguiente forma:

- ✓ **ESPAÑA:** como consecuencia de presiones provenientes desde instituciones europeas, el Ministerio de Fomento se vio obligado a forzar el trabajo de la Comisión BIM. El que fuera Ministro de Fomento en aquella fecha se mostró consciente de las mejoras que acompañarían al paso de un sistema de diseño tradicional a uno que implique tecnología

⁸ <http://www.aenor.es/>

⁹ <https://www.iso.org/>

¹⁰ <https://www.cen.eu/>

¹¹ <http://www.eubim.eu>

¹² [Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector](#)

BIM, ya que podrían entrar a considerar aspectos como construcción y mantenimiento no contemplados de forma directa en los actuales sistemas de diseño. El Ministro se mostró consciente de que este paso no debería ser dado únicamente por esas grandes empresas que copan todas las obras públicas y que la dificultad en esta transición se localizaría en la implantación de esta nueva metodología en los pequeños estudios de ingeniería (COAATEEEF, 2016).

En un primer boceto realizado por parte de la administración pública bajo la supervisión del Ministerio de Fomento, Ministerio de Hacienda y otras administraciones públicas, se plantea la evolución de la implantación de la tecnología BIM tal y como muestra la Tabla 1.

Tabla 1. Etapas de implantación del BIM en España.

Objetivo 2015 -2016	Consensuar un mandato BIM en Cataluña
Objetivo 2017	Adopción de estándares IFC, guías, clasificaciones y procesos de entrega del modelo digital pensando en cada fase del proyecto constructivo, de su ejecución, del mantenimiento posterior y de su integración en la ciudad. Definición de unos protocolos comunes para la creación y definición de la información compartida entre los agentes orientados a la plena interoperabilidad entre las partes
Objetivo 2018	Los equipamientos y las infraestructuras públicas de presupuesto superior a 2 M€ deberán producirse en BIM en las fases de Diseño y Construcción. Circunscribir este objetivo en proyectos de obra nueva
Objetivo 2020	Todos los equipamientos y las infraestructuras públicas deberán producirse en BIM en todas las fases: diseño – construcción – mantenimiento. Circunscribir este objetivo a todos los proyectos de obra nueva y rehabilitación.

El desarrollo de la tecnología BIM viene acompañado, como no podía ser de otra forma, de una transformación en el modelo de diseño, presentación de proyectos y normativas que rigen la calidad y necesidades demandas por cada país:

- ✓ **REINO UNIDO:** El Reino Unido se presenta como uno de los países donde la metodología de diseño BIM han tenido un crecimiento mayor en los últimos años. El edificio se diseña considerando su ciclo de vida, considerando desde la etapa de diseño hasta las etapas de construcción, uso y mantenimiento.

Toda esta información la organiza a través de tres niveles de diseño. Conforme más alto es el nivel de detalle, mayor cantidad de información está recogida en el modelo..

Desde abril del 2016, en Reino Unido es obligatoria la presentación del proyecto de ingeniería realizado bajo un software BIM con un nivel de detalle 2. Con la instauración del nivel de detalle 2 se pretende reducir, de manera importante, los costes imprevistos en la fase de diseño de la construcción (BIMCommunity, El Reino Unido ya es territorio BIM, 2016).

- ✓ **FRANCIA:** En Francia existe un plan para la implantación de la metodología BIM a través del Plan de Transición Digital en el Edificio (Plan Transition Numérique dans le Bâtiment). Este plan, nacido en diciembre de 2014, pretendía que en el año 2017 se realizaran las primeras licitaciones de obra pública a través de proyectos realizados con tecnología BIM.

Francia aprovecha también esta evolución para priorizar en la certificación energética A+ en las obras de nueva construcción, traducándose esto en una optimización de la estructura. (Plan de Transition Numérique du Bâtiment, 2017) (BIMCommunity, 2016).

- ✓ **ALEMANIA:** a través del plan Planen Bauen 4.0 (Plan Construcción 4.0) se pretende la migración del sistema tradicional del diseño y planificación de obras públicas. Gracias al gran número de perfiles altamente cualificados que viven en el país germano, el período de transición hacia esta nueva metodología de diseño está considerándose rápida.

Esta transición nació a finales del 2013, entrando en vigor en 2017. A partir de 2020 todos los proyectos que relacionados con las infraestructuras del transporte han de estar realizados mediante software BIM (COBuilder, 2016).

- ✓ **ESTADOS UNIDOS:** se trata de uno de los primeros países en implementar casi en su totalidad el diseño de una construcción con la tecnología BIM teniendo en cuenta todas las fases del proyecto. La primera iniciativa surgió en 1992, aunque no fue hasta el 2005 cuando se plasmó el primer documento con normas y estilos en la aplicación del BIM. A día de hoy, el número de empresas que implementa la tecnología BIM en los EEUU ronda el 70% (BIMCommunity, 2016).

3. Descripción del modelo a construir

3.1.1. Localización de la parcela en plano y en registro catastral

La construcción del proyecto se llevará a cabo en una parcela que tiene en propiedad la empresa promotora localizada en el Polígono Industrial Nuevo Jaén. Este polígono industrial se localiza en la zona Norte del municipio de Jaén, a escasos minutos del Polígono Industrial de los Olivares (lugar en el que se localiza la sede actual del concesionario en cuestión).

La Ilustración 17 muestra dónde se localiza la parcela con respecto a la ciudad de Jaén.



Ilustración 17. Localización de la propuesta de la parcela para la construcción

Se comprueba a continuación que el tiempo de conexión con una autovía, en concreto con la A-44, es de 4 minutos por la vía rápida; 5 minutos mediante una ruta alternativa (se evita la incomunicación que se produciría en caso de que la ruta principal y más corta estuviera bloqueada).

En el supuesto de que el acceso al Polígono Industrial Nuevo Jaén no pudiera efectuarse directamente desde la A-44, existe la posibilidad de acceder al

concesionario a través de la A323. La Ilustración 18 muestra cuál es esta ruta principal de acceso al concesionario desde la autovía:

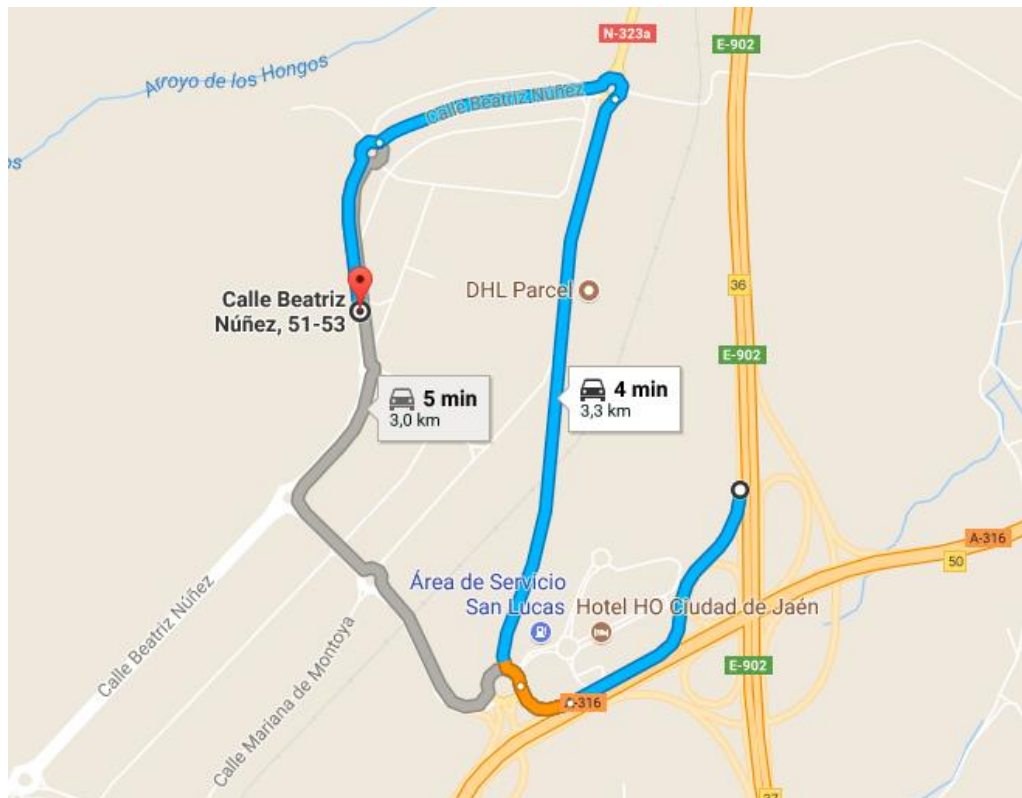


Ilustración 18. Localización de la construcción referida a la distancia-tiempo respecto de una autovía/vía principal. Fuente: elaboración propia

La parcela propuesta para la construcción de las instalaciones se ubica en Calle Beatriz Núñez, Número 57, Manzana 9, Parcela 27, con Código Postal 23006 en municipio de Jaén. La referencia catastral de la parcela es 1563827VG3816S0001YI. La Ilustración 19 muestra la ubicación real de la parcela en una vista satélite.

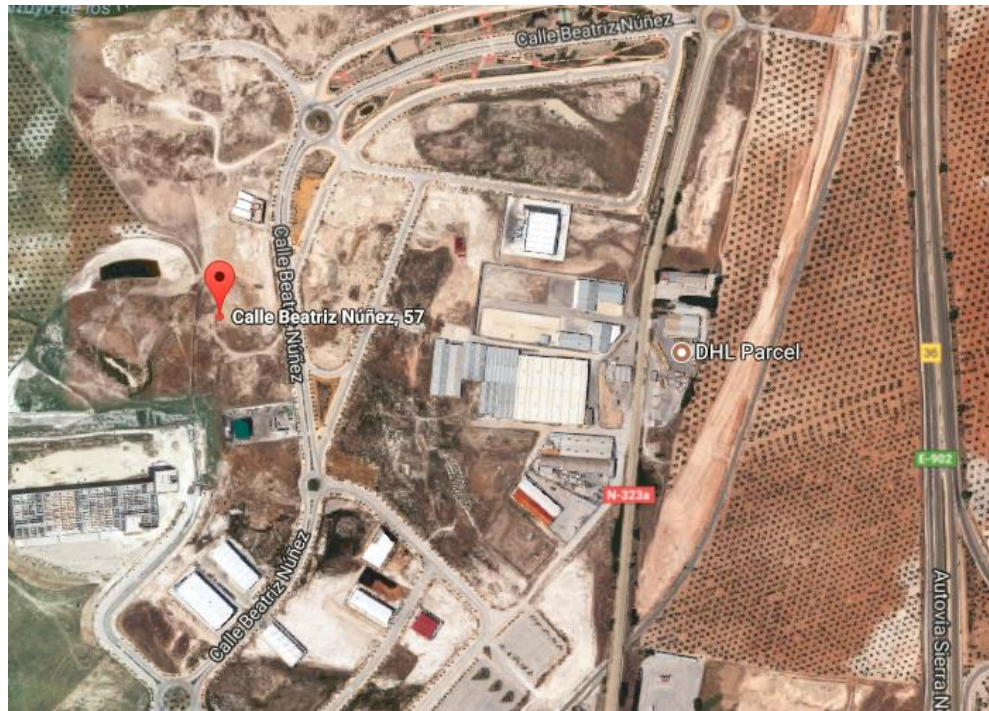


Ilustración 19. Localización del emplazamiento propuesto para la nueva construcción.
Fuente: (Google Maps, s.f.)

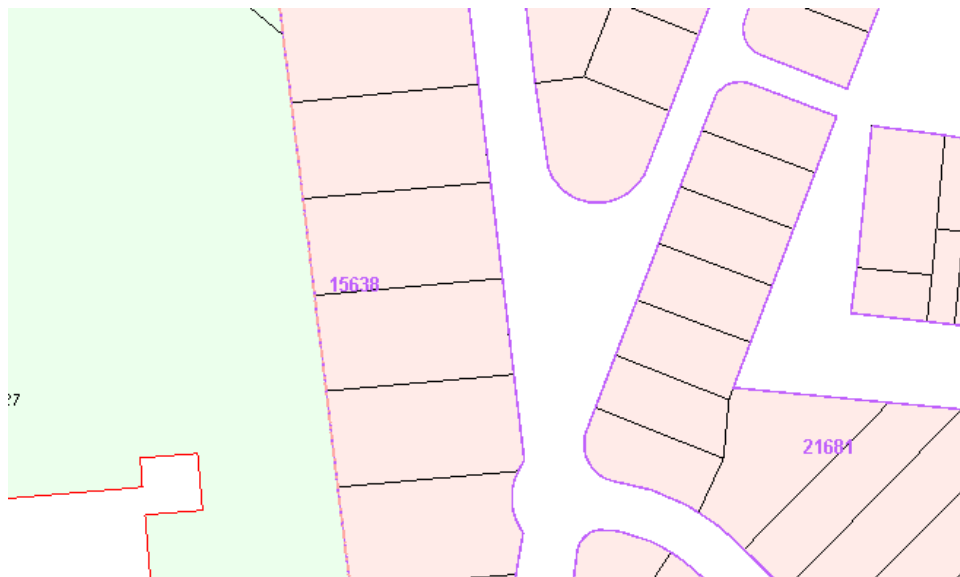


Ilustración 20. Vista de las parcelas colindantes con la de nueva construcción.
Fuente: (Ministerio de Hacienda y Función Pública & Dirección General del
Catastro, s.f.)

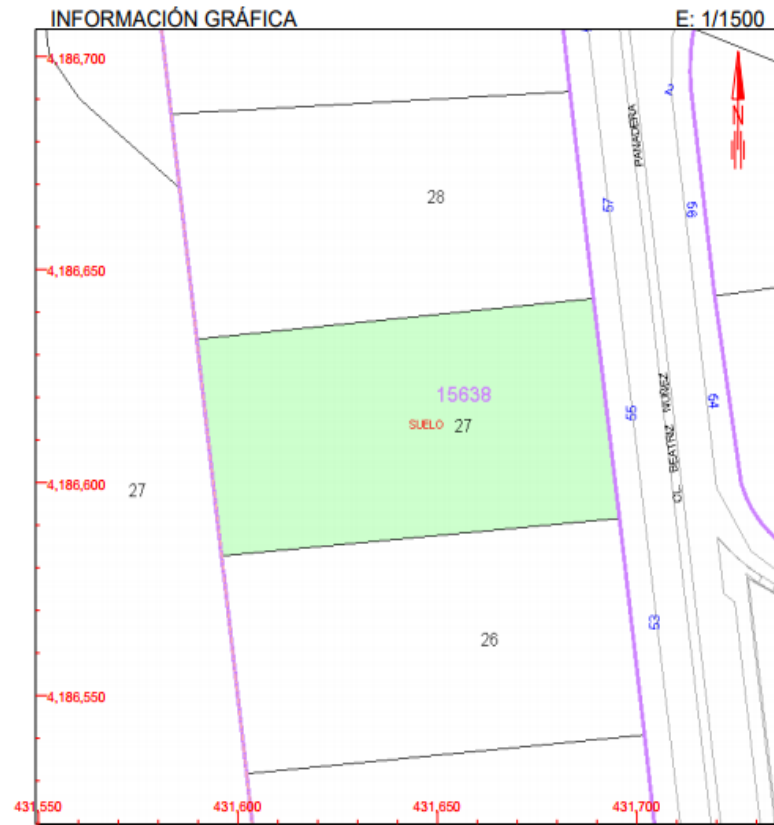


Ilustración Ilustración 21. Disposición de las rejillas para limitar la superficie a construir. Fuente: elaboración propia

rucción referida a la distancia-tiempo respecto de una autovía/vía

Las dimensiones de la parcela son 100,10 m de largo y 51,03 m de ancho (5.108,03 m²).

3.1.2. Programa de necesidades y servicios para la construcción

El proceso de diseño y modelado de la construcción se hará teniendo en cuenta cumplir con las condiciones expuestas a continuación:

- ✓ Finalidad de uso: concesionario de vehículos y motocicletas multimarca con servicio técnico dedicado tanto a aspectos mecánicos como a reparaciones de chapa y pintura. Además, debe existir en la instalación a construir un espacio dedicado y habilitado para realizar exposiciones y dar conferencias.

Este edificio será además ejercerá de sede central para Andalucía Oriental, por lo que debe permitir que un gran número de personas dedicadas a trabajos de oficina trabajen en él.

- ✓ Localización: entre las necesidades principales comentadas destaca el que la parcela destinada a la construcción no puede estar a más de 10 minutos de distancia de una autovía para facilitar el acceso de clientes, proveedores y trabajadores a las instalaciones.
Se valora muy positivamente que exista una ruta alternativa en caso de que la principal estuviera bloqueada.
- ✓ El vial en el que se localice la nave debe ser lo suficientemente amplio como para que puedan circular a través de él caminos (12 metros). Será valorable positivamente la posibilidad de paso, además, de trenes de carretera (camión rígido + remolque, en el caso de camiones destinados al transporte de vehículos, 22,50 m como máximo).
Por esto, se considera como ubicación idónea un polígono industrial ya que son zonas urbanizadas que cumplen con estos requisitos.
- ✓ El tamaño que debe tener la parcela debe ser suficiente como para albergar una nave de 60x24 metros (mínimo) y 30 plazas de aparcamiento (clientes + trabajadores). Se valorará positivamente la posibilidad de que en la calle también exista aparcamiento también.
- ✓ La parcela debe estar urbanizada y localizada dentro del municipio de la Ciudad de Jaén. Además se requieren que existan canalizaciones de agua potable, para residuos, conexión a internet y electricidad.
- ✓ Se valorará positivamente que la distancia entre la construcción actual del concesionario y la nueva sea la menor posible.
Hoy en día, la sede actual se encuentra ubicada en el Polígono Industrial de los Olivares, en Jaén.

3.1.3. Justificación urbanística

Para determinar las restricciones impuestas por el Ayuntamiento de Jaén en nuevas construcciones localizadas en el Polígono Industrial “Nuevo Jaén”, se tienen que considerar el Anexo I del Pliego de Condiciones para la Constitución de Derecho de Superficie sobre Parcelas, en el Parque Empresarial “Nuevo Jaén”, del SUNP.-6, 2ª Fase. Estas vienen resumidas en la Tabla 2, a continuación:

Tabla 2. Condiciones urbanísticas de las parcelas del SUNP.-6
Fuente: elaboración propia

Condiciones urbanísticas de las parcelas del SUNP.-6	Característica de la propuesta de construcción
Superficie mínima: 3.000 m ²	Superficie parcela 27: 5.180 m ²
Fachada mínima: 40 m	Fachada parcela 27: 50 m
Edificabilidad: 1 m ² trecho /m ² suelo	Edificabilidad propuesta: Edificabilidad máxima: 5.180 m ² Edificabilidad en proyecto: 3.424 m ²
Retranqueo mínimo delantero: 10 m	Retranqueo delantero propuesto: 12 m
Retranqueo lateral (a ambos lados): 5 m	Retranqueo lateral propuesto (a ambos lados): 5 m
Retranqueo mínimo trasero: 5 m	Retranqueo trasero propuesto: 8 m
Edificabilidad en la 1ª planta: máx. 70% de la superficie, 3.626 m ²	Edificabilidad en la 1ª planta propuesta: 2.752 m ²
Edificabilidad en la 2ª planta: máx. 50% de la superficie, 2.590 m ²	Edificabilidad en la 2ª planta propuesta: 672 m ²
Altura máxima: 10,50 m (12 m a dintel)	Altura propuesta: 8 m (10 a dintel)
Requerimientos de aparcamiento Talleres de automóvil: 1 plaza / 50 m ² Comercial: 1 plaza / 100 m ² Sala de reunión: 1 plaza / 100 m ²	Requerimientos de aparcamiento: Talleres de automóvil: 20 plazas Comercial: 8 plazas Sala de reunión: 10 plazas _____ La normativa obliga a construir 38 plazas de aparcamiento

Tras analizar las características del proyecto y compararlas con las limitaciones urbanísticas municipales, se observa que el proyecto no se opone a ninguna condición de obligado cumplimiento en la ordenación municipal de Jaén, por lo que urbanísticamente es válida su construcción.

3.1.4. Definición del número de trabajadores y espacios

La utilidad de este edificio sería la localización de la oficina central para la región de Andalucía Oriental. Debe estar destinado a acoger a un gran número de trabajadores en las instalaciones. Es por ello que el edificio deberá contener tanto zona de venta-comercial como una zona para trabajo de oficinas perfectamente diferenciadas. Se ha indicado además que se van a llevar a cabo tareas de mantenimiento y taller de vehículos, por lo que este área debe considerarse también en las labores de diseño.

Tras la exposición anterior, la nave a construir debería constar de cuatro áreas claramente diferenciadas:

- ✓ Zona de oficinas
- ✓ Zona de ventas-comercial (concesionario)
- ✓ Zona de mantenimiento-taller para vehículos.
- ✓ Zona para el almacenamiento de repuestos y piezas de automóvil.

La instalación debe estar orientada y debe permitir a acoger en sus instalaciones un mínimo de 65 trabajadores, pudiendo incrementarse el número de trabajadores hasta en un 35% en ocasiones puntuales si se produjera una sobrecarga de trabajo para la plantilla inicial. Es decir, las instalaciones deben estar preparadas para acoger, en el caso más desfavorable, 88 trabajadores.

La distribución de la plantilla es la siguiente:

- ✓ **Personal de taller:** 15 personas con un incremento en +5 personas en caso de sobrecarga de trabajo.
- ✓ **Personal de oficina:** 50 personas con un incremento en +18 personas en caso de sobrecarga de trabajo.

Considerando el factor sexo de los trabajadores, se comunica que el número de hombres y mujeres trabajando es el mismo en todas las zonas. Se considera la paridad en todas las áreas de cara al diseño de estancias que impliquen una diferenciación por sexo (aseos y vestuarios, por ejemplo).

Así, el número de trabajadores en cada área queda:

- ✓ **Personal de taller:** 15 personas con un incremento en +5 personas en caso de sobrecarga de trabajo. Considerando la situación con mayor número de trabajadores:
 - **Hombres:** 10
 - **Mujeres:** 10
- ✓ **Personal de oficina:** 50 personas con un incremento en +18 personas en caso de sobrecarga de trabajo. Considerando la situación con mayor número de trabajadores:
 - **Hombres:** 34
 - **Mujeres:** 34

La nave constará de las siguientes áreas:

- ✓ **Zona de oficinas:** La zona de oficinas va a estar localizada en el frontal de la construcción que será también la zona frontal de la parcela con respecto de la calle. Consta de dos plantas: la primera tiene una superficie de 24x18 m² y la segunda, 24x28 m². En esta zona se localizará el área de trabajo para los trabajadores de oficina, sala de exposiciones y salón de actos y salas para conferencias y formaciones. El área de la zona de oficinas es de 1.104 m² distribuidos en 432 m² en la primera planta y 672 m² en la segunda.
- ✓ **Zona de venta-comercial:** La zona de venta del concesionario debe ser lo suficientemente grande como para acoger la exposición de vehículos para la venta. Además debe permitir acoger varias zonas que permitan sentarse a los clientes durante las esperas y unos escritorios para que los vendedores puedan mostrar y ayudar a los compradores en su elección.
La superficie destinada a la zona de venta del concesionario es de 24x32 m², es decir, 768 m².
- ✓ **Zona de taller y mantenimiento del automóvil:** Esta zona se sitúa a nivel del suelo. Se ha planteado de modo que exista un pasillo para vehículos por delante de los vehículos en reparación y uno peatonal tras ellos.

Entre los requerimientos que acompañan a este área destaca la cabina de pintura. Ésta tiene una superficie de 8x6 m. Es necesario que se encuentren cerca de un muro exterior para situar las ventilaciones y entradas de aire necesarias.

En total, el área destinada a la zona de taller (incluyendo la zona de pintura) y mantenimiento del automóvil es de 752 m².

- ✓ **Almacén de repuestos y materiales:** Se hace necesaria la construcción de un área para el almacenamiento tanto de piezas como de componentes electrónicos y pinturas. Para ello, se solicita dotar al almacén de protección ESD en el área destinada a componentes electrónicos y las medidas de seguridad y contención necesarias para el almacenamiento de pinturas y componentes químicos e inflamables. El área del almacén es de 16x20 m², es decir, 320 m².

En resumen, la distribución de áreas de las diferentes estancias es como muestra la

Tabla 3. Áreas de las diferentes estancias de la construcción.

Zona de oficinas	1104 m ²
Zona de exposición	768 m ²
Zona de taller	752 m ²
Almacén de materiales	320 m ²

3.1.5. Distribución de los pilares en la estructura

La primera etapa a la que se enfrenta el diseñador en el proceso de diseño y planteamiento de una construcción es a cómo se quiere que sea la estructura y qué mensaje quiere que transmita. En este caso y por tratarse de una nave industrial, la propuesta lanzada es tradicional. A partir de este momento se comienza a definir la distancia y localización de los pilares en la construcción. En este proyecto se plantea, además, la dificultad en el planteamiento de los pilares de una junta de dilatación. Según el CTE, para una construcción con una estructura de acera, se hace necesaria una junta de dilatación cada 40 m de distancia. Se planteará la junta en mitad del tramo de mayor longitud (80 m). En el tramo con una longitud de 52 m, la junta de

dilatación se colocará en el muro de separación entre el almacén y la zona concesionario (20 m y 32 m a cada lado, respectivamente).

Así, para la zona en la que se van a encontrar las oficinas se van a disponer los pilares con una distancia de 5 m entre ellos en la zona en la que se encuentre el voladizo y 6 m para el resto de la zona de oficinas (longitud total = $5 \times 2 + 6 \times 3 = 28$ m). Pese a que se recomienda que la distancia entre pilares sea alrededor de 6-7 m, en este caso se va a trabajar con una construcción a dos alturas, por lo que las cargas consideradas van a ser mayores que una construcción en una sola planta.

Para el resto de la construcción, se ubicarán los pilares con una distancia de 6,50 m entre sí. Según el CTE para construcción con estructura de acero, se hace necesaria la construcción de una junta de dilatación cada 40 m. Se va a ejecutar dos juntas de dilatación (a 28 m de la frontal entre la zona de oficinas y el resto de la nave, y la segunda, en mitad de la nave a 26 m de distancia del fondo).

3.1.6. Propuesta de altura de la estructura

La construcción va a tener una altura de 10 metros a cumbrera. La cumbrera va a encontrarse en el eje central de construcción. Esta decisión se toma para mejorar la entrada de luz natural en la zona de concesionario.

El que la cumbrera si sitúe sobre el eje central de la nave hace que las pendientes sean iguales a cada lado de la cumbrera considerando que ambas fachadas laterales van a estar limitadas a la misma altura. La altura a dintel de los pilares va a ser la misma tanto para la fachada izquierda como derecha.

Así, la primera planta de la zona de oficinas se encontraría a cota +5 metros sobre la cota 0 (nivel suelo). De este modo se brinda a la zona bajo el voladizo de suficiente amplitud y espacio para disponer de un espacio diáfano que transmita los valores de la marca de automóviles en cuestión.

3.1.7. *Propuesta de materiales para los elementos estructurales*

Pese a que no es objeto de este proyecto el ejecutar un cálculo estructural de la nueva construcción, se pretende que sea una simulación del proceso general de diseño de una nave industrial. Los materiales usados a lo largo de todo el proceso para la estructura serán el hormigón armado en la cimentación y el acero.

4. Metodología

El proceso de diseño de una construcción basado en la tecnología BIM es un procedimiento nuevo. Sin embargo, las bases sobre las que se sustenta el proceso de creación de una estructura son las que rigen el sistema de diseño tradicional.

4.1.1. *Software BIM utilizado*

De entre todas las opciones disponibles, para el diseño del modelo 3D que se quiere representar en este TFG se va a considerar el software Revit, perteneciente a la compañía americana Autodesk. Actualmente éste es el software más utilizado en el desarrollo y diseño de proyectos de edificación civil. Los principales motivos que mueven a usar el Revit son:

- ✓ Capacidad de Revit para generar un modelo que permita la metodología de trabajo colaborativo mediante equipos multidisciplinares permitiendo además la geodeslocalización entre ellos.
- ✓ Se trabaja en un entorno conocido. Esto se debe a que Autodesk se ha preocupado de mantener la interfaz que ha venido estando presente en AutoCAD, programa de diseño y creación 2D más usado tanto en el ámbito de la Ingeniería como de la Arquitectura.
- ✓ Flexibilidad en los proyectos que se quieran realizar. Está orientado tanto al diseño de grandes construcciones como presas o carreteras como para su uso en el diseño de pequeñas instalaciones en edificaciones ya construidas.
- ✓ El trabajo colaborativo permite crear un equipo interdisciplinar que permita el trabajo de los diferentes profesionales en el mismo modelo, evitando futuras interrupciones o problemas de construcción.

- ✓ Los elementos son entendidos como una representación tal y como ellos son en la vida real. Así, cada elemento tiene asociado de forma predeterminada un peso, material, resistencia (si se trata de elemento estructural), etc.

La versión utilizada para la elaboración del modelo fue Revit 2017. El motivo de la elección de esta versión es que era la más reciente en el momento en el que se comenzó con el desarrollo del modelo. Esto es algo muy importante ya que Revit permite la importación de modelos en versiones posteriores pero no en versiones anteriores. Recurrir a la versión más reciente de Revit en el momento de iniciar con la fase de diseño significa que no van a haber inconvenientes en la importación y conversión de todas las familias y elementos a la versión más recientes (en multitud de ocasiones se importará y trabajará con modelos generados y guardados y en formato REVIT 2010; formato más común para guardar familias). Además, el uso de Revit viene acompañado de las siguientes ventajas:

- ✓ Permite la importación y la exportación de planos en formato .dwg. Esto es algo muy útil ya que algunos planos, como en el caso del Catastro, se proporcionan en formato .dwg (formato de archivo de AutoCAD). Además, permitiría la modificación de cualquier parámetro de un plano a través de AutoCAD en caso de ser necesario.
- ✓ La exportación del modelo estructural creado en Revit a al software Robot (ambos pertenecientes a la empresa Autodesk) permite realizar, de forma muy precisa, el cálculo estructural considerando multitud de factores y elementos: tipos de uniones, cargas permanentes, cargas de viento y nieve, cargas sísmicas (con la gran complejidad que les acompaña) además de permitir una completa configuración de las condiciones del entorno. El análisis llevado a cabo sería de segundo orden.
- ✓ Revit, Robot y AutoCAD pertenecen a Autodesk. Autodesk es una de las compañías de CAD con mayor renombre y presencia tanto en el panorama de diseño y construcción. Cuentan además con un sistema de actualizaciones anuales que permiten implementar nuevos módulos y mejoras en los programas.

- ✓ La complejidad que acompaña a este tipo de programas hace que sea necesaria la especialización en uno de ellos. Tristemente no es posible para un ingeniero conocer todos los softwares y tener un manejo profesional en todos ellos que le permita desarrollar proyectos completos. Durante la etapa de formación se nos enseñó a utilizar los softwares pertenecientes a la compañía Autodesk.

4.1.2. Etapas en el proceso de diseño

El proceso de diseño, planteamiento y construcción del modelo 3D de la instalación se va a realizar siguiendo la metodología estándar de construcción.

El procedimiento que se va a llevar es como sigue:

- 1) En primer lugar se van a definir en la parcela la ubicación de los pilares de acero que van a conformar la estructura. A partir de estos va a ser posible crear vigas de atado, celosías y plantear las cimentaciones (zapatas más enanos de hormigón armado).
- 2) Continuando con el planteamiento de la estructura, se insertarán la estructura y las viguetas que darán como resultado a la segunda planta.
- 3) Se insertarán las vigas de celisía sobre las que apoyará la cubierta. Se insertarán también las correas sobre las que se apoyará este elemento.
- 4) Posteriormente se instalará y presentará una propuesta de cubierta. En este punto se definirá el tipo de cubierta (a dos aguas, inclinada, etc).
- 5) Se comenzarán a introducir los cerramientos exteriores (los muros). En este punto se introducirán en el modelo tanto muros de obra como muros cortina con cristales como paneles.
- 6) Se continuará insertando los suelos para cada nivel, atendiendo a las características de uso (zona parking, zona exterior transitable, acera, suelo de oficina, etc.).
- 7) Se definirán las estancias interiores y se incluirán todos los elementos con la finalidad de crear una construcción lo más parecida posible a tal y como se verá tras su construcción real.
- 8) Se realizará la inserción de las instalaciones y elementos de éstas como pueden ser las luminarias.

4.1.3. Etapa de Postprocesado de datos

A lo largo de este Trabajo de Fin de Grado se está defendiendo y alabando las características y ventajas que acompañan a la tecnología BIM en el manejo de la información del proyecto. En concreto, el postprocesado de datos que se lleva a cabo permite al ingeniero y al resto de miembros del equipo de diseño obtener una relación de materiales, componentes, horas de trabajo, etc. en función de su demanda.

Una vez se tiene un modelo 3D completo que muestra la construcción tal y como se desea, es muy simple extraer conteos de materiales que permiten generar, de forma aproximada, el presupuesto de la construcción.

El postprocesado de datos puede hacerse con la ayuda de otros software de gestión de datos y hojas de cálculo como Microsoft Excel o Google Spreadsheet.

5. Proceso de modelado

El modelado en el ordenador consiste en plasmar la idea o boceto de la construcción en una imagen tridimensional con diferentes elementos que trate de representar de la forma más aproximada posible el aspecto final de la construcción. En este punto el ingeniero no puede agarrar el ratón y ponerse a colocar vigas y pilares por doquier. El trabajo previo es el que dota a la nueva construcción de armonía y sienta las bases de qué es lo que se quiere conseguir.

5.1. Preparación del proyecto

Como se ha comentado anteriormente, el uso del software BIM permite el trabajo en un entorno paramétrico que permite la exportación de las modificaciones ejecutadas en una vista al resto de las que existen en el modelo. En el caso del Revit, estas líneas guías vienen definidas con el nombre de “*rejillas*”. Las rejillas se usan para definir la ubicación de diferentes elementos y relacionarlos entre sí. Se pueden plantear en todos los planos de trabajo, aunque solamente se consideren en el plano horizontal (para delimitar secciones).

Dentro del software Revit, el botón *rejilla* se localiza en la ficha *Arquitectura*, dentro del grupo *Referencia*. La Ilustración 23 muestra el botón que se desea seleccionar:



Ilustración 23. Botón para definir el elemento de referencia (rejilla) en el modelado en 3D. Fuente: elaboración propia

En la Ilustración 23, el símbolo superior se usaría para definir las cotas de nivel en el modelado. La mayoría de elementos de construcción (como el suelo y las vigas) se localizan en niveles. Sin embargo, elementos como pilares y muros vienen restringidos por ellos.

El símbolo inferior de la Ilustración 23 se refiere a las rejillas. Son usados como líneas guías sobre cuyas intersecciones se disponen los pilares. Ayudan, además, a definir zonas y distancias entre los elementos que componen el modelado.

Disponiendo las rejillas en la interfaz de programa se delimita el área en la que se va a encontrar la nave. Se han nombrado a las rejillas que definen la construcción de la forma que muestra la Tabla 4:

Tabla 4. Rejillas que delimitan la parcela.
Fuente: elaboración propia

Nombre de la rejilla	Localización
Fachada Calle	La rejilla marca el que será el frontal de la nave
Fachada N55	La rejilla marca el lateral de la nave con el vecino a la izquierda
Fachada Fondo	La rejilla marca el que será el fondo de la nave
Fachada N59	La rejilla marca el lateral de la nave con el vecino a la derecha

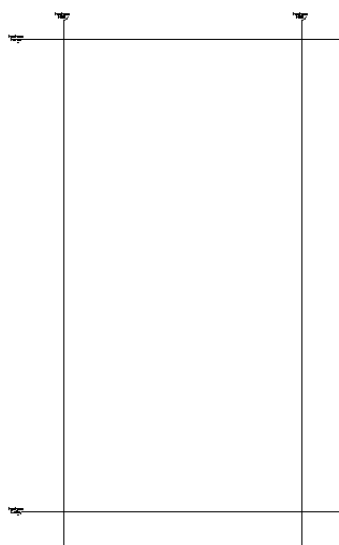


Ilustración 24. Disposición de las rejillas para limitar la superficie a construir. Fuente: elaboración propia

Es bastante importante para todo el desarrollo del proyecto que las rejillas estén colocadas y nombradas de forma simple y correcta para evitar confusiones. No es lógico, entonces, utilizar el nombre “rejilla que delimita la parcela por la parte delantera (que da a la calle)” pudiendo usar “Fachada Calle”.

Pese a que la familia predeterminada del Revit genera líneas de rejilla con un patrón de línea y punto, para las rejillas que definen la superficie a construir se ha considerado una línea con trazo más corto.

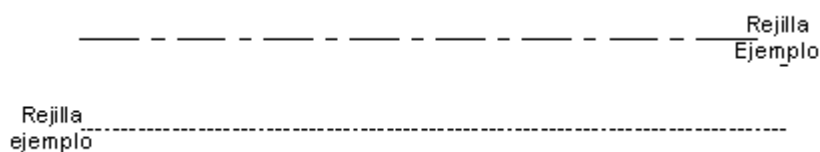
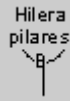


Ilustración 25. La modificación de la familia tiene un efecto directo en la representación gráfica. Fuente: elaboración propia

Tras disponer las líneas de referencia para los pilares, la superficie a construir deberá encontrarse cuadriculada. En la Tabla 5 se muestra la nomenclatura que se va a seguir en el proceso de nombrado para las rejillas que servirán de referencia para la disposición de los pilares:

Tabla 5. Nomenclatura aplicada a las líneas de rejilla en el proyecto.
Fuente: elaboración propia

Nomenclatura de las líneas de rejilla

Hilera Pilares	La HILERA PILARES se refiere a las líneas de rejilla que se extiende a lo largo de la nave. Se nombran con letras de la A a la F. Ejemplo: Hilera Pilares B: 
Fila Pilares	La denominación FILA PILARES hace referencia a las líneas de referencia que se distribuyen de forma paralela a la calle. En este caso se nombran con número. Ejemplo: Fila Pilares 11 

Así pues, tras la disposición de las líneas de rejilla se habrá obtenido un modelo como el que sigue a continuación en la Ilustración 26:

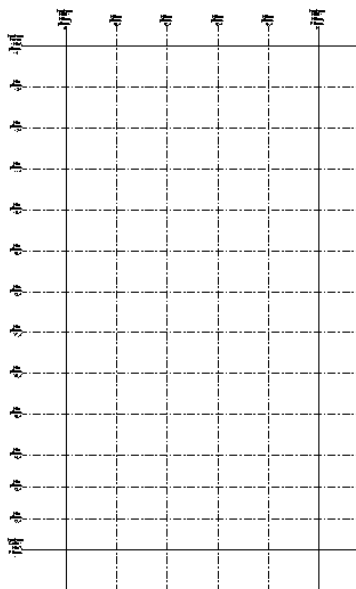


Ilustración 26. Disposición de las líneas de rejilla que servirán de referencia para los pilares. Fuente: elaboración propia

5.1.1. Definición de los niveles/cotas para el Proyecto

En la introducción de las líneas de nivel o cota, y a diferencia de lo que sucedía en las líneas de rejilla anteriores, se debe trabajar con la vista en alzado para definir los niveles de trabajo. Los niveles contienen en ellos o son usados como referencias

los suelos y las vigas. Estos niveles serán usados además para restringir a otros elementos como pilares y muros.

Los niveles existentes en un proyecto pueden ser identificados en el *Navegador de proyectos*. Este se localiza, por defecto, en la esquina inferior de la interfaz tal y como se remarca en la Ilustración 27:

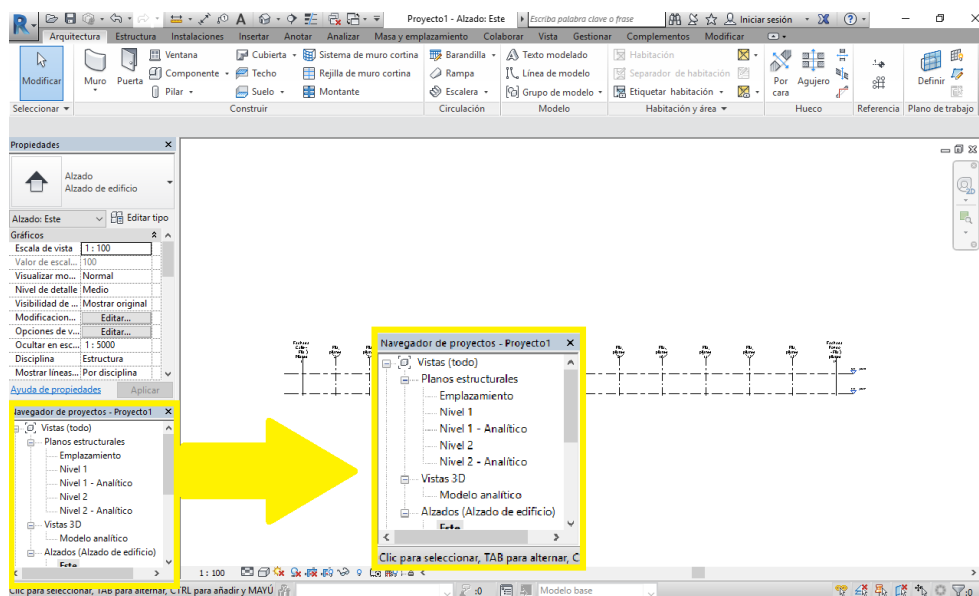


Ilustración 27. Localización del navegador de proyectos en la interfaz de AUTODESK REVIT. Fuente: elaboración propia

Para el proyecto se han definido primeramente los niveles que se encuentran en la Tabla 6. Sin embargo, a lo largo del desarrollo del proyecto se hará necesario crear algunos más a fin de poder definir todos los elementos de forma clara y concisa.

Tabla 6. Definición de niveles principales.
Fuente: elaboración propia

Nombre del nivel	Cota	Definición
Cimentación-Zapata	- 1,30 m	Nivel de profundidad para la base de las zapatas
Cimentación-Enano	- 0,80 m	Nivel de profundidad para la base de los enanos de hormigón armado.
Suelo	0,0 m	Este nivel hace referencia a la cota a la que se encuentra la parcela.

Primera planta oficinas	+ 5,0 m	Hace referencia a la cota en la que se va a encontrar la primera planta en la zona de oficinas (zona del voladizo).
Pilares – Dintel	+ 8,0 m	Es la restricción altura impuesta a los pilares.
Cumbrera	+ 11 m	Restricción de altura impuesta a la cumbrera.

En la Tabla 7 se muestran los niveles auxiliares que se han creado también. Éstos serán usados para definir elementos:

Tabla 7. Niveles de referencia auxiliares creados para ayudar en la definición y restricción de elementos.
Fuente: elaboración propia

Nombre del nivel	Cota	Definición
9 metros	+ 9,0 m	Línea creada a 9 metros de altura a fin de definir la altura de algunos elementos.
8,5 metros	+ 8,5 m	Línea creada a 8,5 metros de altura a fin de definir la altura de algunos elementos.
9 metros	+ 9,0 m	Línea creada a 9 metros de altura a fin de definir la altura de algunos elementos.

5.1.2. Proceso de carga de familias en el proyecto

Una vez se tienen las líneas de referencia planteadas y dispuestas en el modelo se puede comenzar a disponer los pilares a conveniencia según la localización que se haya planteado en el boceto previo. Lo primero que se tiene que hacer es cargar la familia de pilares de acero que se va a utilizar para dotarlos de las características necesarias para realizar el cálculo estructural más adelante. Como se ha citado anteriormente, un objeto puede aparecer en el software BIM como una silueta tridimensional o como elemento que tiene las características físicas del elemento.

Para el proyecto planteado, se va a considerar el tipo de viga HEB. Este tipo de vigas tal vez tengan un rendimiento inferior al de los perfiles IPE o IPN. Sin embargo, el comportamiento que presentan a los esfuerzos de torsión y la carga crítica que son capaces de soportar hacen que sean una mejor elección para construcciones como la planteada. Atendiendo a las características del proyecto, se debe confiar en el perfil HEB, que dentro de la familia de los perfiles HE (HEA, HEB y HEM) es el que presenta

mejor comportamiento en vigas destinadas a trabajar con esfuerzo de flexión o en pilares con compresiones moderadas.

En primer lugar se carga la familia de perfiles en el software Revit. Este es un proceso que se va a repetir a lo largo de todo el proceso de diseño. Muchas veces se encuentran los sitios web de los proveedores modelos informáticos de sus objetos. Incorporando estos archivos la modelo se consigue que el modelo creado en Revit sea lo más semejante posible a lo que sería la construcción una vez esté construida. El proceso de cargar familia se hace de la siguiente forma:

- 1) En la interfaz del programa, se debe localizar el botón *Cargar familia* en la ficha *Insertar* y, a continuación, en el grupo *Cargar desde biblioteca*. La Ilustración 28 muestra la ubicación de este botón:



Ilustración 28. Ubicación del botón cargar familia.

Fuente: elaboración propia

- 2) La familia de vigas que se desea instalar se instala de forma predeterminada. En este punto lo que se tiene que hacer es localizar el dónde se encuentra guardada dentro de nuestro ordenador. Por defecto, las familias instaladas en el REVIT se encuentran en: *Mi PC → Disco local (:C) → Program Data → Autodesk → RVT 2017 → Libraries → Spain*.

En el modelo, esta ubicación nos aparece por defecto en el momento de

cargar familia:

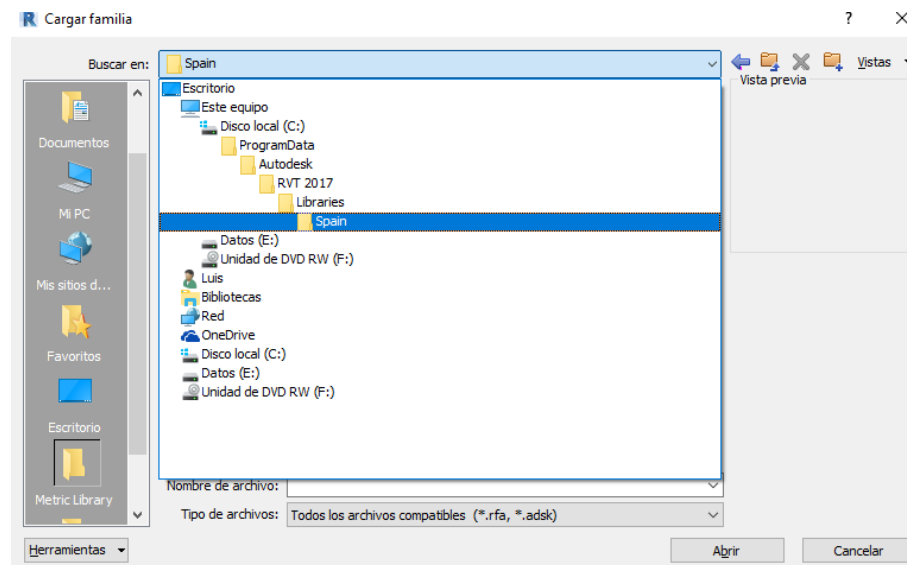


Ilustración 29. Ubicación de las carpetas con familias instaladas por defecto con Autodesk Revit 2017.

Fuente: elaboración propia

- 3) Se definen y seleccionan a continuación cuáles son las familias que se quieren incluir en el proyecto. Como se ha argumentado anteriormente, se ha de buscar a la familia de pilares de acero estructural HEB.

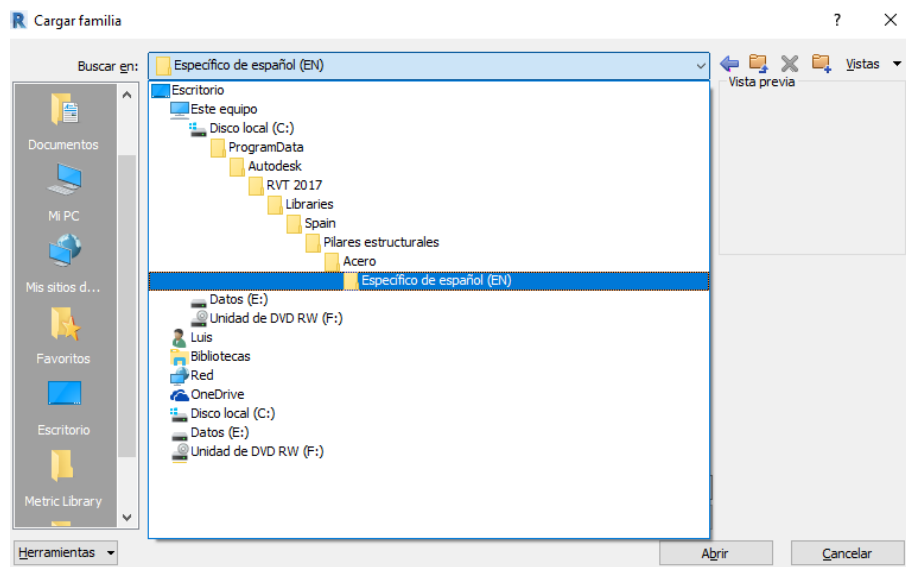


Ilustración 30. Ubicación de la carpeta que contiene los pilares de acero estructurales que serán considerados en el proyecto.

Fuente: elaboración propia

En este punto se tiene que localizar el perfil necesario y dar al botón *Abrir*:

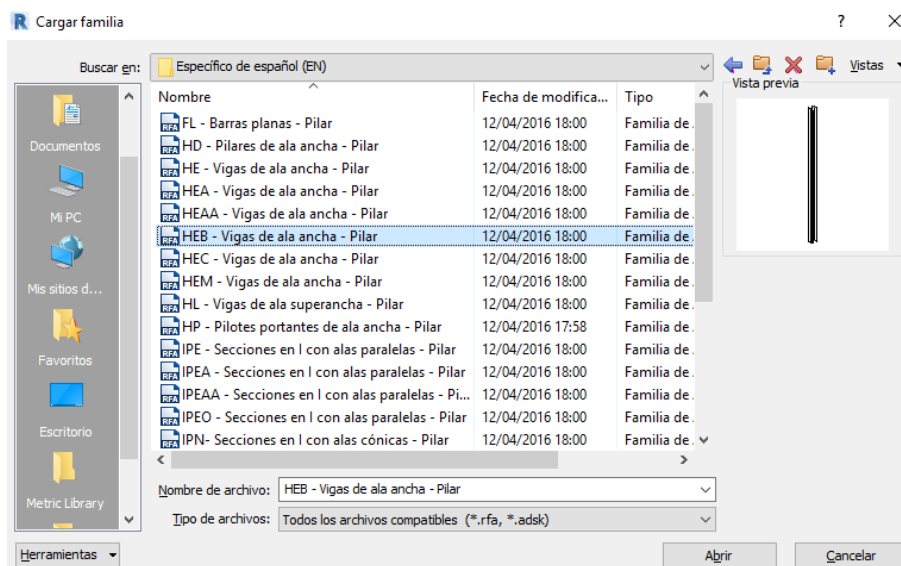


Ilustración 31. Selección de la familia que se desea incluir en el proyecto.
Fuente: elaboración propia

En este punto se va a pedir que se indique con qué pilares se quieren contar. Se tiene que tener en cuenta que en este punto del proceso se está desarrollando lo que será un modelo analítico que posteriormente deberá ser calculado atendiendo a las cargas que se puedan plantear por su uso. Sin embargo el objeto de este TFG no es hacer el cálculo estructural, sino demostrar el potencial y las ventajas que pueden aportar al mundo de la ingeniería el uso de la tecnología BIM, por lo que se incluyen pilares de diferentes secciones según las construcciones que actualmente existen de este tipo.

Para el proyecto que se va a llevar a cabo sólo se van a considerar los pilares HEB 300 y HEB 360. Los segundos se utilizarán en la zona en la que existirá el voladizo en la estructura.

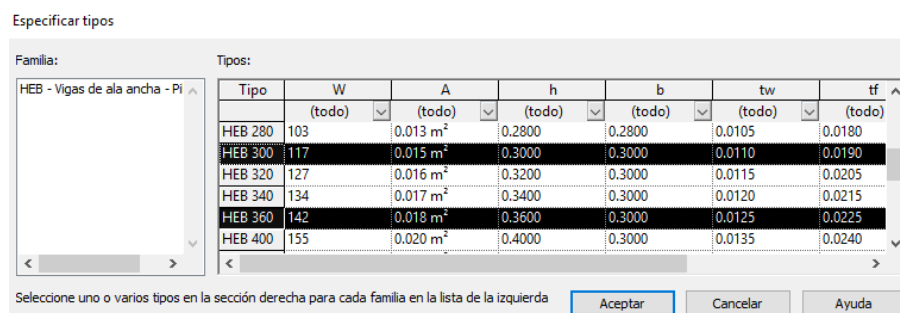


Ilustración 32. Proceso de selección de los elementos de la familia que se quieren incluir en el modelo.
Fuente: elaboración propia

5.2. Posicionamiento de los pilares en el modelo

Anteriormente se ha introducido la idea que las líneas de referencia o rejilla tienen, como principal función, facilitar la labor de colocación de los pilares en el proyecto. Tal y como se ha planteado la rejilla, se pretenden colocar los pilares en las intersecciones de las diferentes líneas de rejilla tal y como muestra la Ilustración 33:

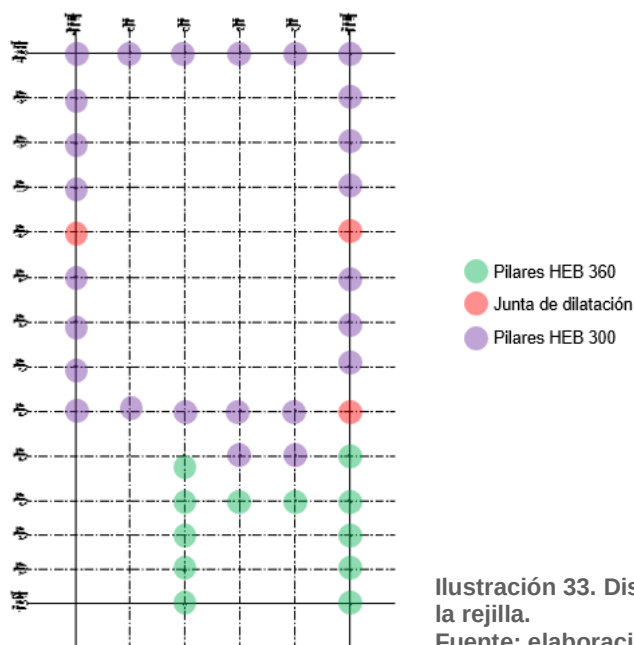


Ilustración 33. Distribución de pilares en la rejilla.

Fuente: elaboración propia

Es muy importante definir las características del elemento. El primer paso a realizar en el proyecto es definir las propiedades geométricas para un pilar. A modo de ejemplo, se considerará un pilar localizado en una esquina de la construcción. Para éste, la base será el nivel el suelo (a cota +0,0 m) y la restricción superior vendrá dada por la altura a dintel, es decir, a cota +7,0 m. Estas características se pueden definir en la ventana de propiedades que aparece una vez se selecciona sobre el elemento.

Para insertar un pilar, se localiza el botón *Pilar* en el grupo *Estructura* dentro de la ficha *Estructura* tal y como se indica en la Ilustración 34:

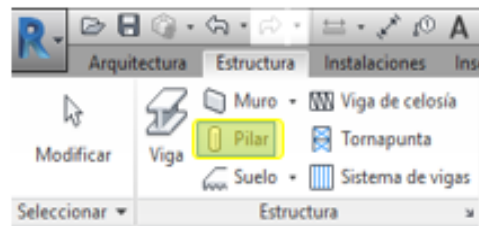


Ilustración 34. Menú de selección para insertar un pilar.
Fuente: elaboración propia

Las propiedades que permiten definir las características de un elemento permiten multitud de variaciones.

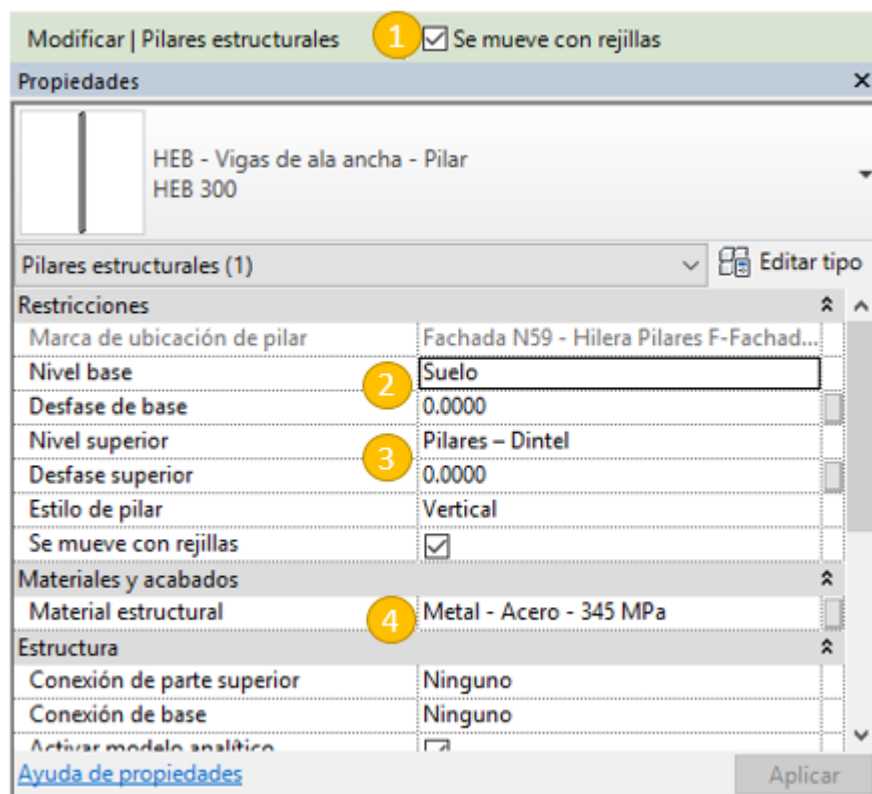


Ilustración 35. Ventana de propiedades para la configuración de un elemento.
Fuente: elaboración propia

Si se observa la Ilustración 35, se observa que se han numerado diferentes secciones. Se explica, a continuación, el funcionamiento de cada sección del menú propiedades:

1. **Se mueve con rejillas:** esta opción lo que hace es relacionar la posición del elemento con la intersección de dos rejillas. De esta forma, cualquier

modificación en su posición que sufrieran las rejillas propiciarían una modificación en la posición del pilar llevándolo a la nueva posición adoptada por la intersección.

2. **Nivel de base y Desfase de la base:** en esta sección se limita cuál va a ser la base del elemento. El nivel de base va a venir definido por los niveles que se hayan definido en el proyector previamente. En el proyecto actual, existen varias opciones mostradas en la Ilustración 36:

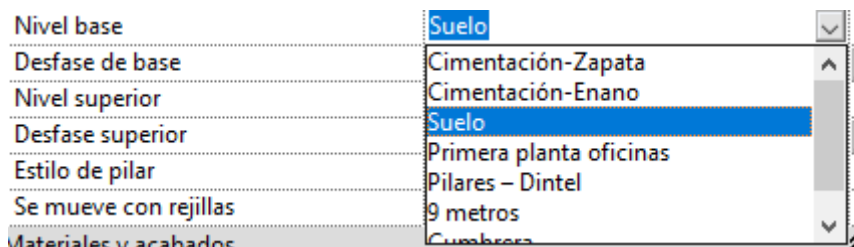


Ilustración 36. Diferentes opciones en la selección de la base del elemento. Fuente: elaboración propia

El desfase de la base sería aplicable en, por ejemplo, el caso en el que se quisiera situar la base del pilar 30 cm por debajo del suelo. En este caso se indicaría en la casilla “0.30”,

3. **Nivel superior y Desfase superior:** lo que sucede con el límite superior del elemento es análogo a lo que se ha explicado en el punto anterior referente al nivel base. El nivel superior define el nivel de referencia hasta el que va a llegar el elemento, y el desfase superior indicaría la distancia que rebasa este nivel.
4. **Material estructural:** en caso de modificar esta opción, se desplegaría un submenú que permitiría dotar al elemento de diferentes características. La apariencia de esta nueva ventana es tal y como se muestra en la

Ilustración 37:

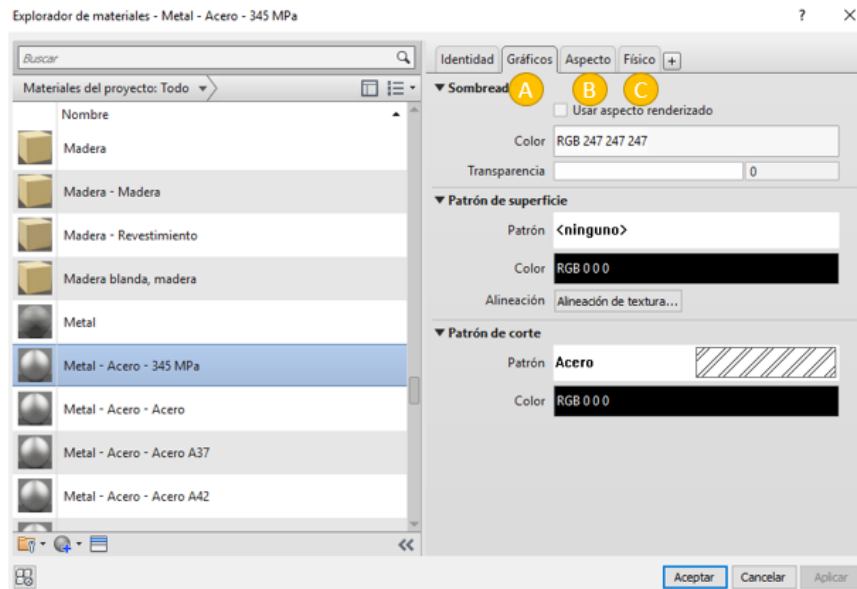


Ilustración 37. Definición de las características del material.
Fuente: elaboración propia

- A. **Gráficos:** este apartado permite modificar las opciones gráficas del elemento. En este caso, el elemento (el pilar) ha sido dotado de un material tal y como es el Acero – 345 MPa.
- B. **Aspecto:** en este apartado se puede definir las propiedades visuales del elemento para los renderizados.

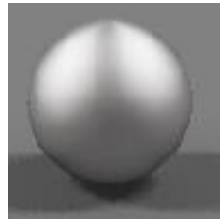


Ilustración 38. Aspecto del elemento tras renderizado.
Fuente: elaboración propia

- C. **Físico:** Esta es la sección del submenú que permite modificar y definir las propiedades físicas del material de construcción. Se trata de una opción de gran importancia en caso de trabajar con algún material modificado o que no se encuentre por defecto dentro de la biblioteca del Revit. Entre las opciones que permite modificar

destacan las siguientes:

▼ **Térmico básico**

Coeficiente de dilatación térmica 0,00001 inv °C

▼ **Mecánico**

Comportamiento Isótropo

Módulo de Young 200.000,0 MPa

Coeficiente de Poisson 0,25

Módulo cortante 77.519,0 MPa

Densidad 7.851,84 kg/m³

▼ **Resistencia**

Límite de elasticidad 345,0 MPa

Resistencia máxima a tracción 448,0 MPa

☐ Tratado térmicamente

Ilustración 39. Propiedades físicas definidas para el Acero - 345 MPa.
Fuente: elaboración propia

Una vez se hayan modificado los pilares, estos deberán tener una apariencia más similar a la deseada. Esta operación se puede realizar en varios elementos al mismo tiempo si se han seleccionado previamente.

5.2.1. Definición de las juntas de dilatación

En este proyecto se presenta la construcción de una nave con una longitud de construcción de 80 m usando acero como elemento estructural. El CTE obliga a disponer de una junta de dilatación cada 40 metros longitudinales de construcción. En este caso se va a considerar la colocación de dos juntas de dilatación. La primera va a estar colocada a 28 metros de la fachada delantera o principal. La segunda, a 26 metros de esta.

En el planteamiento de la junta de dilatación, lo que se va a hacer es disponer dos pilares HEB 300 con una distancia de 5 cm desde los extremos de las alas. El resultado que se quiere conseguir es tal y como se muestra en la Ilustración 40

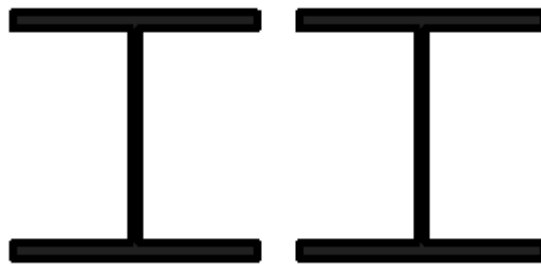


Ilustración 40. Vista de planta de los pilares HEB dispuestos en la junta de dilatación. Fuente: elaboración propia

De este modo, una vez se hayan dispuesto todos los pilares en el proyecto, el modelo tendrá la forma mostrada en la Ilustración 41

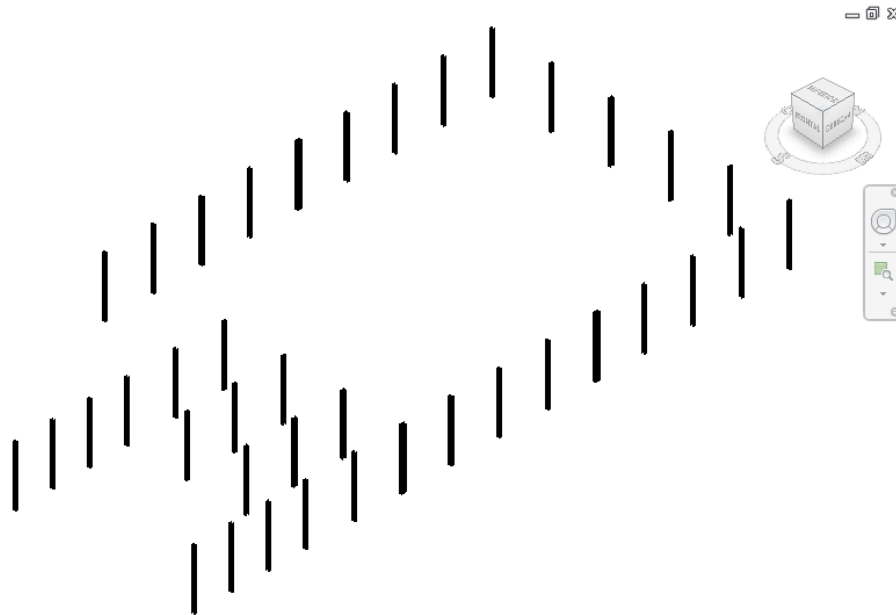


Ilustración 41. Representación del modelo con todos los pilares dispuestos.
Fuente: elaboración propia

5.3. Planteamiento y diseño de elementos de la cimentación

5.3.1. Definición de los elementos de cimentación

Las zapatas es un tipo de cimentación superficial consistente en un prisma de hormigón armado situado bajo los pilares de la estructura. Su función es transmitir al terreno las tensiones a que está sometida el resto de la estructura y anclarla.

Para insertar una zapata en nuestro proyecto, vamos a seleccionar el botón *Aislada* en el grupo *Cimentación* dentro de la ficha *Estructura* tal y como se muestra en la Ilustración 42



Ilustración 42. Botón selección zapata aislada.
Fuente: elaboración propia

Para el proyecto se va a considerar la construcción de zapatas aisladas. Las dimensiones para cada una de las zapatas serán 1500x1500x500 mm. Puesto que este proyecto no tiene como objetivo la construcción y el cálculo estructural, se han

considerado las dimensiones de zapatas de construcciones de similares características. Las zapatas van a estar unidas entre sí con vigas de atado, también de hormigón armado.

En este caso en concreto, es muy probable que no se encuentre en ningún sitio de la web la familia con las dimensiones requeridas. En este caso se procede a crear una zapata a partir de modificar una de las que proporciona el Revit por defecto:



Ilustración 43. Zapatas predefinidas en AUTODESK REVIT.
Fuente: elaboración propia

Para definir la zapata se va a recurrir a la opción *Editar tipo*, que se encuentra dentro de la ventana propiedades:

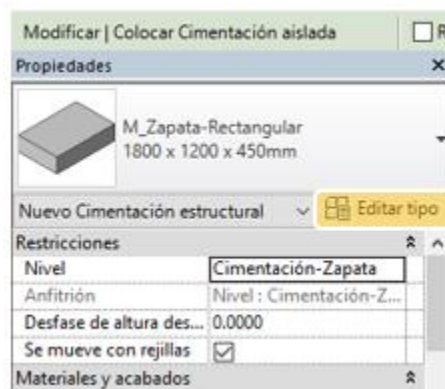


Ilustración 44. Modificar propiedades de la zapata.
Fuente: elaboración propia

En el nuevo menú se puede definir todas las características. Dado que se quieren mantener las propiedades físicas del elemento, se va a seleccionar la opción *Duplicar*

dentro de este nuevo menú. Se nombrará este nuevo elemento de construcción aplicando las dimensiones para el proyecto:

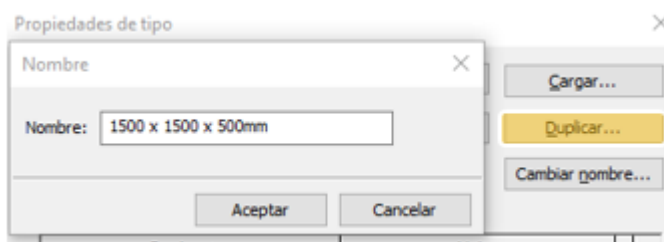


Ilustración 45. Definición de un nuevo elemento dentro de una familia.
Fuente: elaboración propia

Tras esto se definen las características geométricas definidas y se obtiene, finalmente, el elemento deseado tal y como se ve en la Ilustración 46:

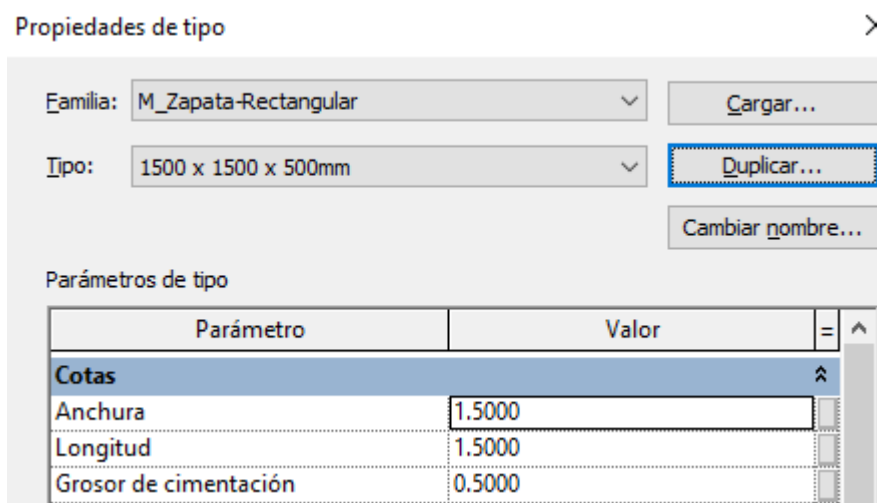


Ilustración 46. Características geométricas de la zapata.
Fuente: elaboración propia

Se ha indicado que esta zapata va a ser construida en aquellos pilares simples. En el caso de las juntas de dilatación en las que se encuentran dos pilares, las zapatas tendrán unas dimensiones mayores.

Para las zapatas que se localicen bajo la junta de dilatación, se va a definir unas dimensiones de 2500x2000x500 mm. Procediendo de igual modo que para las zapatas anteriores, se obtiene resultado mostrado en la Ilustración 47:

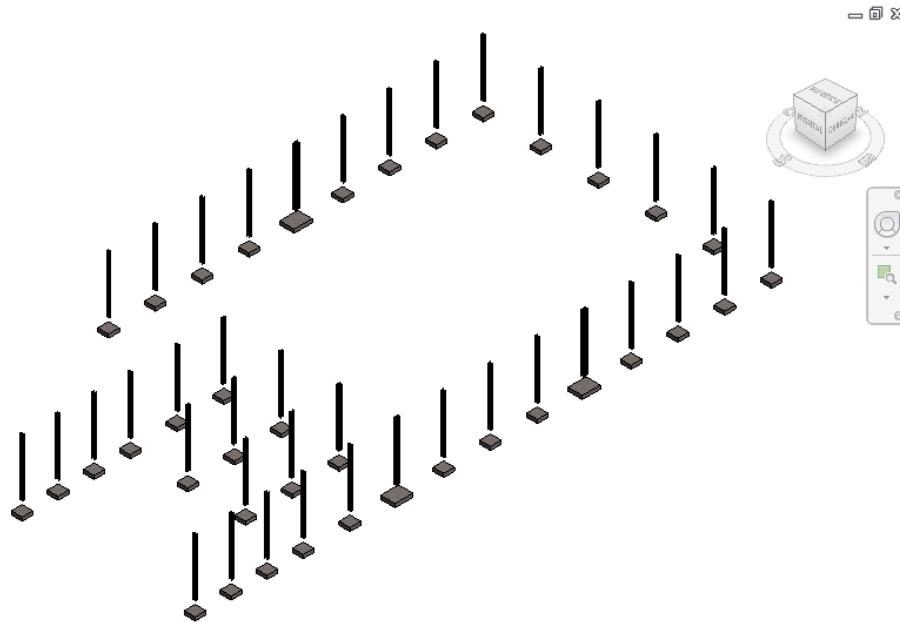


Ilustración 47. Modelo con zapatas dispuestas.
Fuente: elaboración propia

5.3.2. Planteamiento y diseño de las vigas de atado

Se van a incluir en el modelo vigas de atado entre todas las zapatas. Las vigas riostras, de atado o de riostramiento son piezas estructurales que unen dos o más zapatas. La finalidad de las vigas de atado es la de absorber las acciones horizontales que pueden recibir los cimientos bien de la estructura bien del propio terreno. De este modo se evita el desplazamiento horizontal relativo de uno respecto a otro.

Según la NCSE-02 (Norma de Construcción Sismoterrestre: Parte general y edificación), la provincia de Jaén se define como una zona con una baja actividad física.

Se van a definir unas vigas de riostra con una sección de 350x500 mm con hormigón armado como material. Dado que esta familia no viene predefinida en REVIT, se va a proceder como en el apartado anterior para crearla.

Para introducir las vigas se hace a través del siguiente botón *Viga*, que se encuentra en la Ficha *Estructura*, en la categoría *Estructura*:



Ilustración 48. Botón de selección del elemento "Viga".
Fuente: elaboración propia

Una vez se hayan colocado todas las vigas de atado del proyecto, el modelo tendrá la apariencia que muestra la Ilustración 49:

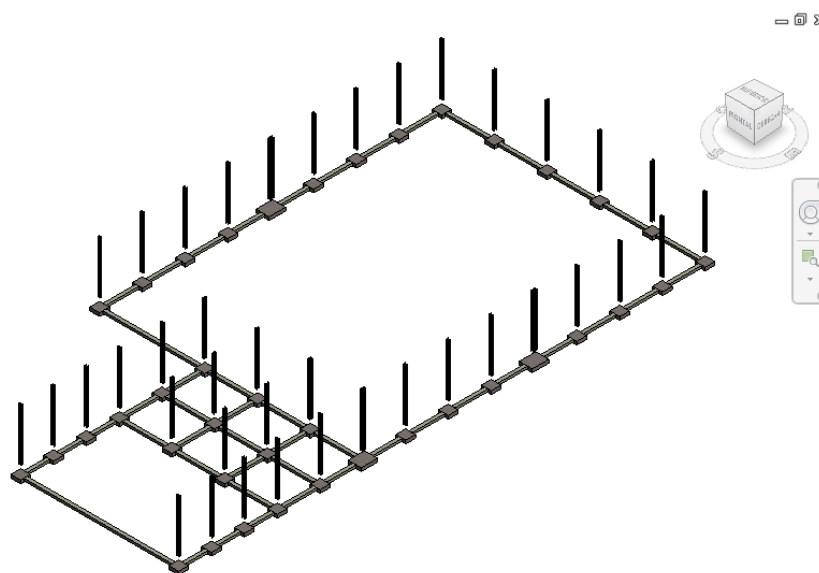


Ilustración 49. Modelo con vigas de atado dispuestas. Fuente: elaboración propia

5.3.3. Planteamiento y diseño de los enanos

Los enanos son unas vigas de hormigón armado que forman parte de la cimentación. Se encargan de conectar la estructura metálica con las zapatas. En el proyecto se han definido unos enanos de hormigón armado con sección cuadrada de 450x450x800 mm.

Para introducir estos elementos en el proyecto, se va a tener que cargar una familia de pilares estructurales de hormigón. Para ellos se tiene que, en primer lugar, cargar la familia y posteriormente modificarla para otorgarle al elemento las dimensiones requeridas. En el botón *Cargar familia*, anteriormente explicado, se debe insertar un pilar de Hormigón Armado de sección cuadrada.

Para la excepcionalidad que se produce en las juntas de dilatación, se va a definir un enano con unas dimensiones de 850x450x800. En este caso se tiene que crear/cargar una familia con pilares rectangulares a partir de la siguiente ruta: dentro del menú *Cargar familia: Pilares estructurales* → *Hormigón* → *Hormigón-Cuadrado-Pilar*. Es importante indicar que el elemento viene definido por el nivel Cimentación_Enano y Suelo.

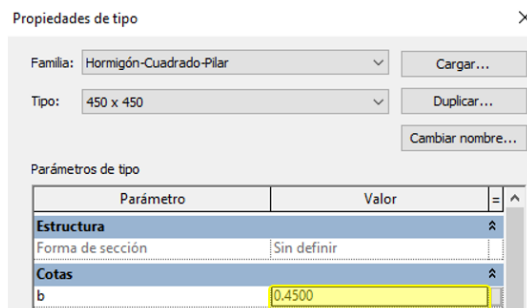


Ilustración 50. Características dimensionales para los enanos. Fuente: elaboración propia

Así el resultado tras este punto sería tal y como se muestra en la Ilustración 51

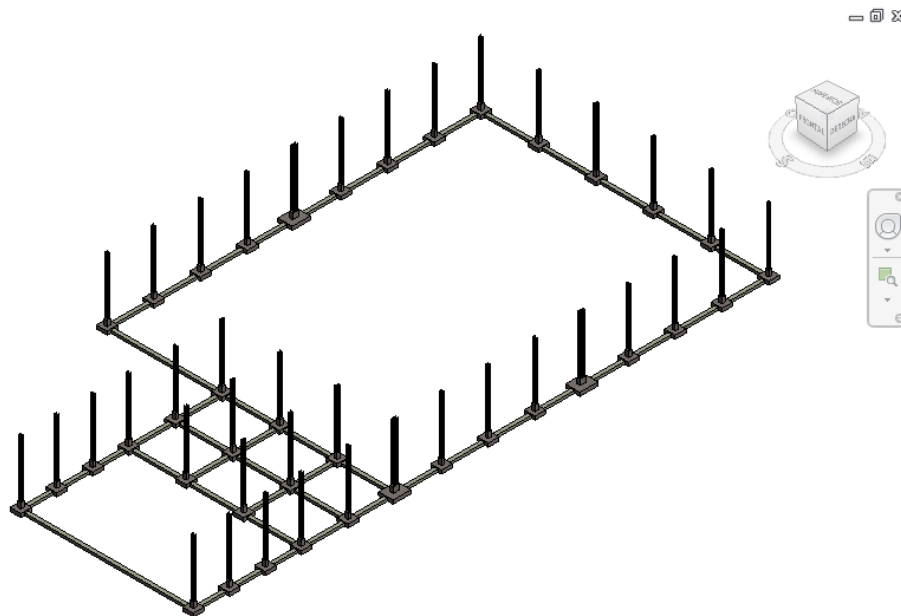


Ilustración 51. Definición completa de la cimentación estructural. Fuente: elaboración propia

5.4. Diseño de la armadura en los elementos de hormigón armado

La técnica constructiva del hormigón armado es la utilización de hormigón conjuntamente con barras de acero para mejorar las propiedades físicas de éste. Estas barras de acero se denominan armaduras.

A la hora de realizar el armado del hormigón en el software Revit, el programa exige diferenciar entre viga y pilar.

5.4.1. Creación de la armadura de una zapata

En primer lugar se va a comenzar insertando la armadura en las zapatas creadas. El procedimiento ha de ser como sigue a continuación:

- 1) Se crea una sección para cada una de las dos dimensiones que tiene la zapata:

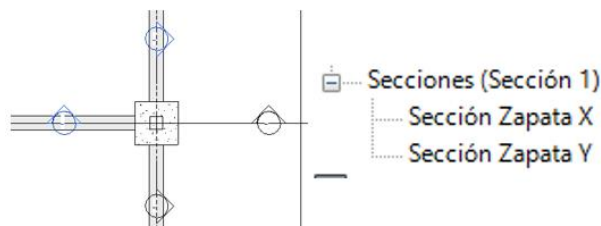


Ilustración 52. Secciones creadas en la zapata.
Fuente: elaboración propia

- 2) Seleccionando una sección cualquiera de las creadas, se trabajará en el menú propio para la creación de la armadura. Este se encuentra en la ficha *Estructura*, dentro del grupo *Refuerzo* :

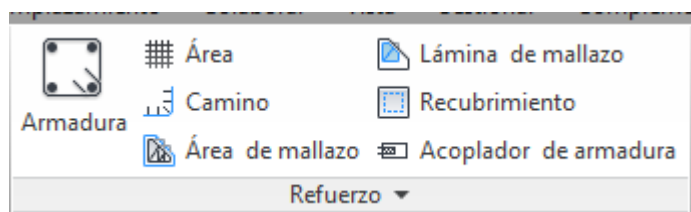


Ilustración 53. Menú para el diseño de la armadura.
Fuente: elaboración propia

- 3) A continuación se tiene que definir cuál será el recubrimiento que tendrá la armadura en la zapata. En la Ilustración 53, se seleccionará el botón *Recubrimiento*.

Atendiendo al documento EHE 08, el recubrimiento mínimo para una zapata es de 40 mm. Para ello, lo que se hará será seleccionarlo/crearlo

en las opciones dadas:

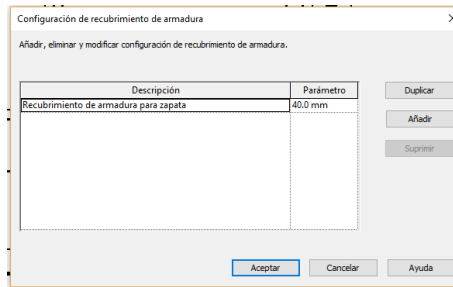


Ilustración 54. Personalización del recubrimiento de armadura.

Fuente: elaboración propia

- 4) En este punto se podrá comenzar a disponer, propiamente dicho, la armadura dentro de la zapata. Para ello, se seleccionará el botón *Armadura* dentro del grupo *Refuerzo*.
- 5) A continuación se selecciona el plano de trabajo en el que se quiere más idóneo para trabajar. Éste va a ser siempre el plano paralelo al de trabajo:



Ilustración 55. Plano de inserción de la armadura.

Fuente: elaboración propia

- 6) En el menú *Propiedades* se definen las características de la armadura. En el proyecto se va a introducir una armadura con la forma "21". Esto quiere decir que estará abierta por un lado:

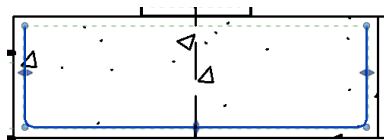


Ilustración 56. Armadura tipo "21".

Fuente: elaboración propia

También se definen las propiedades que va a tener el conjunto. Se va a disponer las armaduras con una distancia máxima entre sí de 200 mm:

Conjunto de armaduras		⬆
Regla de diseño	Espaciado máxi...	
Cantidad	9	
Espaciado	200.0 mm	
Gráficos		⬇

Ilustración 57. Propiedades del conjunto.
Fuente: elaboración propia

- 7) El resultado tras la inserción en una dimensión es tal y como se ve en la Ilustración 58:

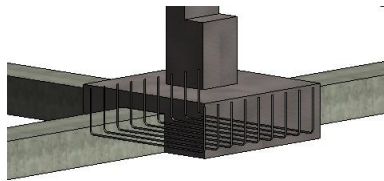


Ilustración 58. Resultado de la armadura en una dirección.
Fuente: elaboración propia

- 8) Si se trabaja del mismo modo en la otra dirección, el resultado final será el mostrado en la Ilustración 59:



Ilustración 59. Resultado final de la propuesta para la armadura en zapata.
Fuente: elaboración propia

5.4.2. Creación de la armadura de una viga

El proceso de creación de una armadura para una viga sigue una lógica similar a la aplicada en la creación de la armadura de la zapata. Estructurando los pasos a seguir de forma similar a como se ha hecho anteriormente:

- 1) Se crea una vista en sección de la viga. Es conveniente nombrarla de forma precisa para evitar confusiones a la hora de trabajar:

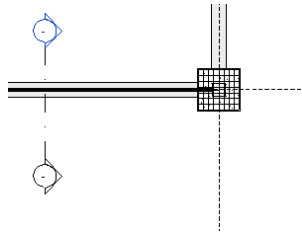


Ilustración 60. Vista de sección en viga.
Fuente: elaboración propia

- 2) Se define el recubrimiento de hormigón para la armadura. En este caso, se va a definir nuevamente en 40 mm.
- 3) Primeramente se va a introducir la armadura longitudinal. En este caso, se tiene que seleccionar un plano de trabajo diferente al que se seleccionó en la zapata. El plano de trabajo es el perpendicular al recubrimiento. Se selecciona el botón tal y como se indica en la Ilustración 61:



Ilustración 61. Selección del plano de trabajo.
Fuente: elaboración propia

- 4) El tipo de armadura que se va a insertar es la 00 (armadura longitudinal). El conjunto de armaduras a insertar estará formado por tres armaduras separadas con igual distancia entre sí:

Conjunto de armaduras	
Regla de diseño	Número fijo
Cantidad	3
Espaciado	

Ilustración 62. Definición del conjunto de armaduras.
Fuente: elaboración propia

El resultado obtenido será el mostrado en la Ilustración 63:

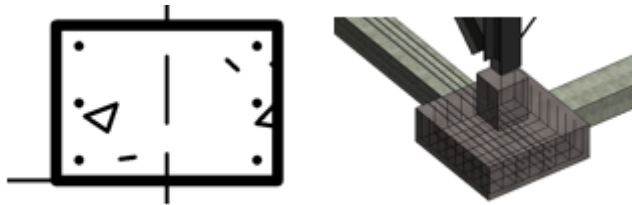


Ilustración 63. Inserción de armadura longitudinal.
Fuente: elaboración propia

- 5) A continuación se introduce en el modelo una armadura transversal. En primer lugar se tiene que cambiar el plano de trabajo del plano perpendicular al paralelo. Esta armadura estará formada por una barra con forma “31”. Además, para el cierre, se definirá como “Gancho al inicio” y “Gancho al final” la opción “Estribo/tirante – 135°”. En lo referente a número de elementos que se van a insertar, se considera que el espaciado máximo considerado será de 150 mm.

El resultado que se obtiene en este caso es el mostrado en la Ilustración 64:

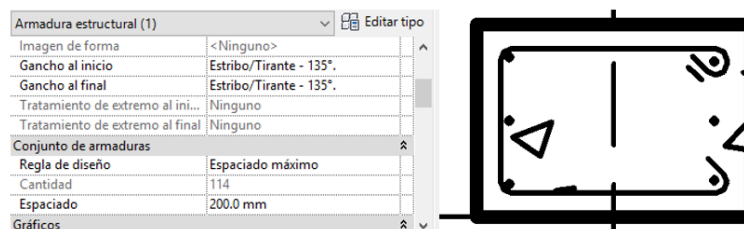


Ilustración 64. Resultado de insertar la armadura transversal.
Fuente: elaboración propia

El resultado en 3D resultará tal que la Ilustración 65:

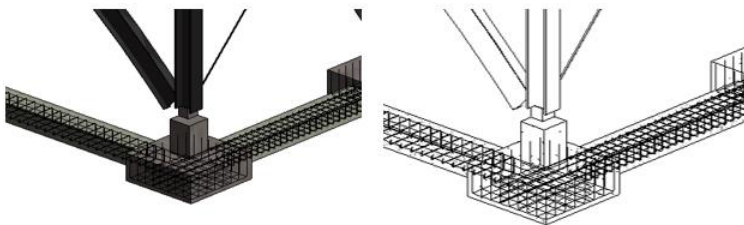


Ilustración 65. Resultado en 3D.
Fuente: elaboración propia

La elaboración de la armadura para cada viga es un proceso muy elaborado ya que se deben considerarse de forma individual en función de cuáles sean las cargas

que actúan sobre el elemento. Que este apartado sirva de introducción a la mecánica de la armadura en hormigón armado en un software BIM como es el Revit.

5.5. Planteamiento y diseño de las vigas de atado de los pilares

Para las vigas de atado de los pilares se tiene que definir en primer lugar qué tipo de viga se debe introducir en el proyecto. Por la naturaleza de las tensiones a las que van a estar sometidos estos elementos, se puede considerar como óptima la familia de vigas IPN. Por similitud con otros proyectos de diseño y construcción de naves industriales, se considera el perfil IPN 300.

Nuevamente hay que cargar el perfil deseado en el modelo. Para cargar familia se procede de la misma forma que anteriormente. La familia de vigas IPN se encuentra en *Armazón estructural* → *Acero* → *Específico en Español (EN)* → *IPN - Secciones en I con alas cóncavas*. Se selecciona el perfil IPN 300:

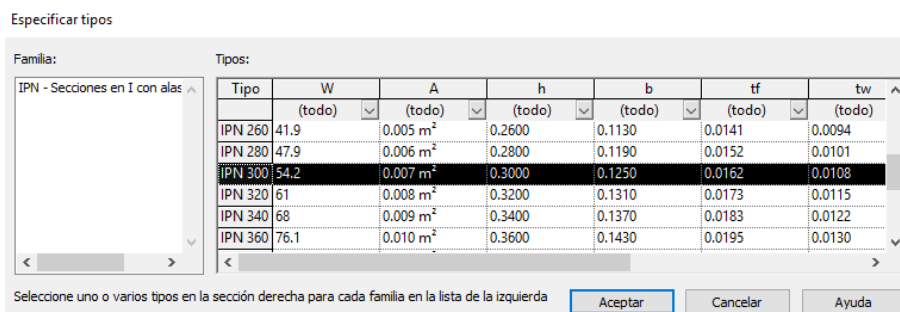


Ilustración 66. Carga del perfil IPN 300 en el proyecto.

Fuente: elaboración propia

Para introducir las vigas de atado para los pilares, se selecciona en nivel Pilares-Dintel. A continuación se presentan las vigas uniendo los pilares entre sí.

Tras esta operación el resultado será el mostrado en la Ilustración 67:

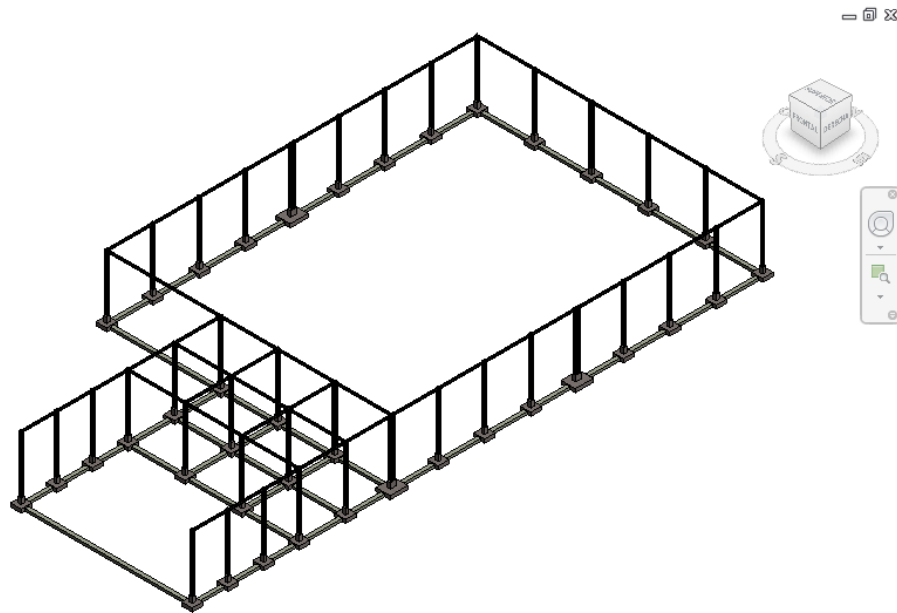


Ilustración 67. Propuesta de colocación de vigas IPN 300 de atado para los pilares.
Fuente: elaboración propia

Si se presta atención en la parte delantera de la estructura, se detecta que es una zona débil. Para ello se van a introducir tres arcos que se van a encargar de dar rigidez a la estructura y de sostener las oficinas que se van a localizar en la primera planta.

El proceso de colocación de los arcos es algo novedoso con respecto a cómo se ha venido desarrollando el proceso de diseño. Hasta el momento se ha estado trabajando únicamente con las vistas en planta del proyecto. Sin embargo, para la creación de las vigas con forma de arco, se va a tener que trabajar sobre un plano de alzado.

Para ello, en primer lugar, se tiene que seleccionar la vista más adecuada y en la que más cómodo pueda resultar trabajar para incluir la viga oblicua. Para ello, se va a tener que seleccionar en primer lugar el plano de trabajo en el *Navegador de proyectos*:

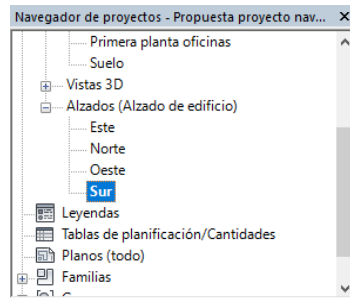


Ilustración 68. Selección del plano de alzado más conveniente.
Fuente: elaboración propia

Para seleccionar el plano de trabajo, en el menú se debe buscar el botón *Definir* dentro de la ficha *Arquitectura*, en el grupo *Plano de trabajo*. Tras estos pasos se abrirá un menú que permitirá elegir el plano en función de diferentes criterios:

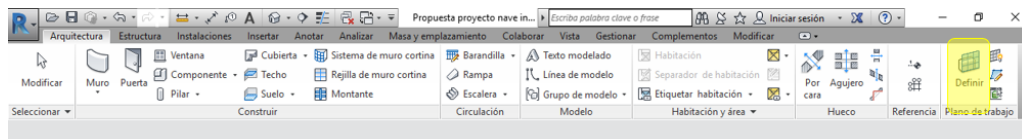


Ilustración 69. Selección del menú "Definir plano de trabajo".
Fuente: elaboración propia

A continuación, en el menú que se despliega, existen tres posibilidades para seleccionar el plano sobre el que se quiere realizar el diseño del arco tal y como se muestra en la Ilustración 70:

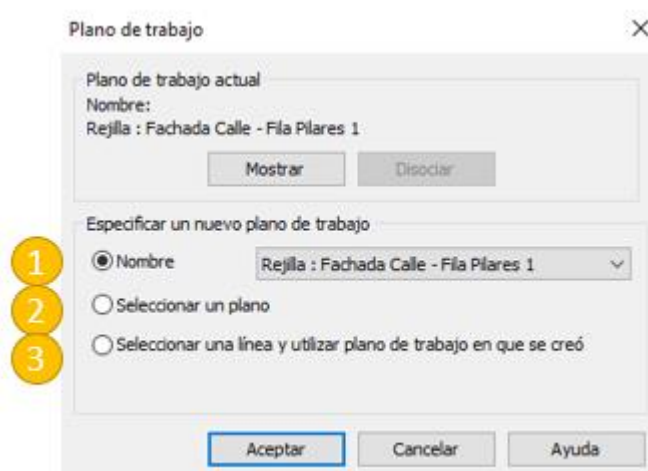


Ilustración 70. Menú para la selección del plano de trabajo.
Fuente: elaboración propia

- 1) **Nombre:** en esta ventana desplegable, la opción de selección de un plano de trabajo se basa en las líneas de rejilla y niveles que se han planteado. Esta es la opción que se quiere seleccionar. Atendiendo a como se identificaron las líneas de rejilla y niveles, se ha de disponer al elemento en sobre las tres primeras líneas de rejilla (considerando que la primera se encuentra en la fachada que da a la calle).
- 2) **Seleccionar un plano:** en esta opción se puede seleccionar como plano de trabajo a cualquier superficie plana de cualquier elemento.
- 3) **Seleccionar una línea y usar el plano en el que se creó:** tras la selección de un elemento, el programa devolverá como respuesta el plano de trabajo sobre el cual se creó.

Así, tras seleccionar el plano de trabajo deseado, se obtiene la Ilustración 71 en la interfaz de trabajo del Revit:

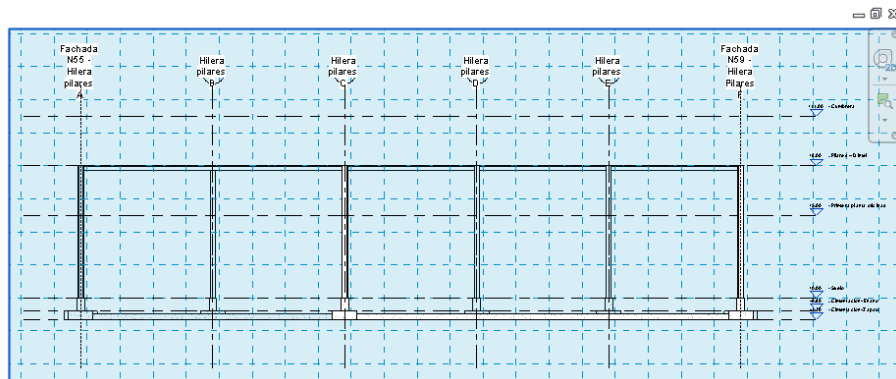


Ilustración 71. Interfaz de selección de plano de trabajo.
Fuente: elaboración propia

Como ayuda, se puede ver en la imagen superior que el propio programa identifica con un color de relleno blanco a aquellos elementos que quedan seccionados por el plano.

Para introducir la viga oblicua, trabajando con la vista actual, se va a seleccionar una nueva opción en el proceso de colocación de viga. En este caso, se debe seleccionar una nueva herramienta para el dibujo de la línea de la viga. Para ello, una vez se ha marcado el botón *Viga* en el grupo *Estructura* dentro de la ficha *Estructura*, se acudirá al menú *Dibujar*:

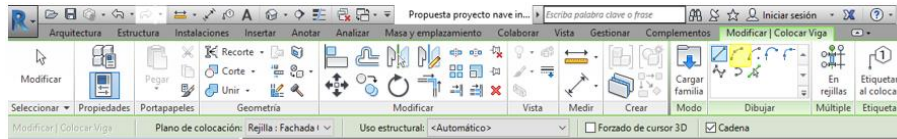


Ilustración 72. Selección de la herramienta para dibujar vigas curvas.
Fuente: elaboración propia

Entre las diferentes opciones de dibujo del boceto, se seleccionó la creación de un arco a partir de tres puntos: inicio, final y punto medio del arco.

Tras indicar estos tres puntos, se generará una viga en arco en el modelo tal y como se muestra en la ilustración 73:

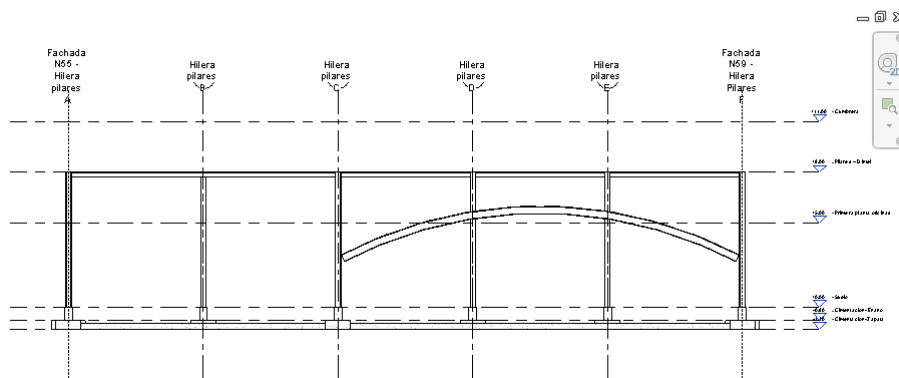


Ilustración 73. Viga en arco dispuesta en la estructura.
Fuente: elaboración propia

Finalmente, tras crear los tres arcos, la estructura tendrá la siguiente apariencia:

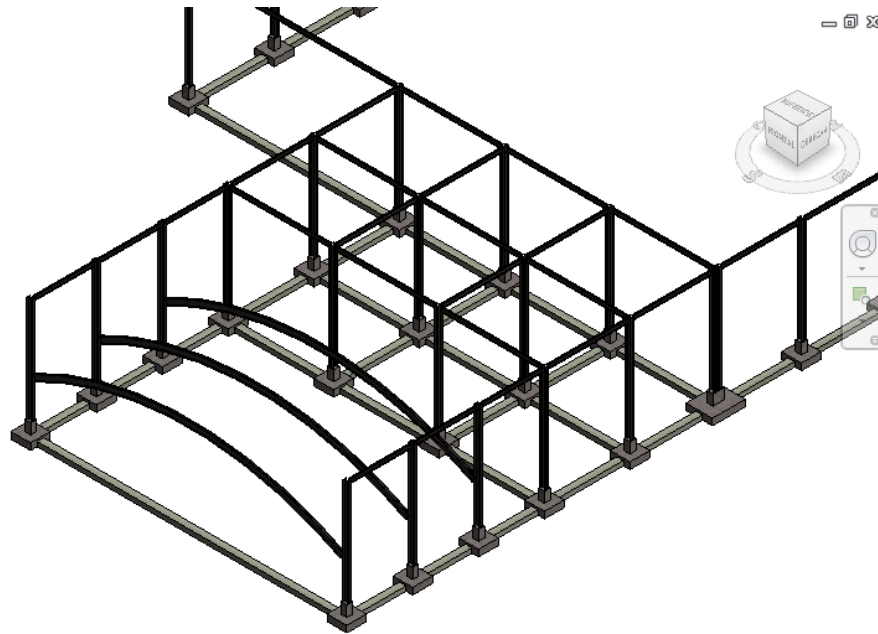


Ilustración 74. Inclusión de arcos en la zona del voladizo sobre la que apoyará la primera planta de oficinas.
Fuente: elaboración propia

Se ha considerado un perfil IPN 450 ya que se hace necesario un perfil grande para soportar y transmitir todas las cargas que se van a suceder en la estructura.

5.6. Definición de la estructura en la zona de oficinas

Si se observa la Ilustración 74, se notará que no se ha dispuesto en la estructura ningún elemento que esté encargado de sostener la primera planta en la que se van a localizar las oficinas. Para ello, en primer lugar se va a tener que plantear sobre el papel como se quiere que sea en la estructura.

Para ello, se ha dispuesto en una hoja cuadriculada donde cada segmento representa una distancia de 1 m los pilares en primer lugar, representados con puntos oscuros. A continuación se han incluido las vigas que se encuentran sosteniendo el voladizo. En el dibujo se encontrarán de color amarillo.

A continuación se han dispuesto unas vigas de atado entre todos los pilares con la intención de conectar entre sí todos los pilares a fin de tener una estructura rígida y estable. Están representadas con el color azul.

Finalmente, para la zona del voladizo, se incorporarán vigas que unirán la parte más elevada del arco con la estructura que se acaba de crear para la primera planta. En el dibujo se corresponden con las líneas amarillas.

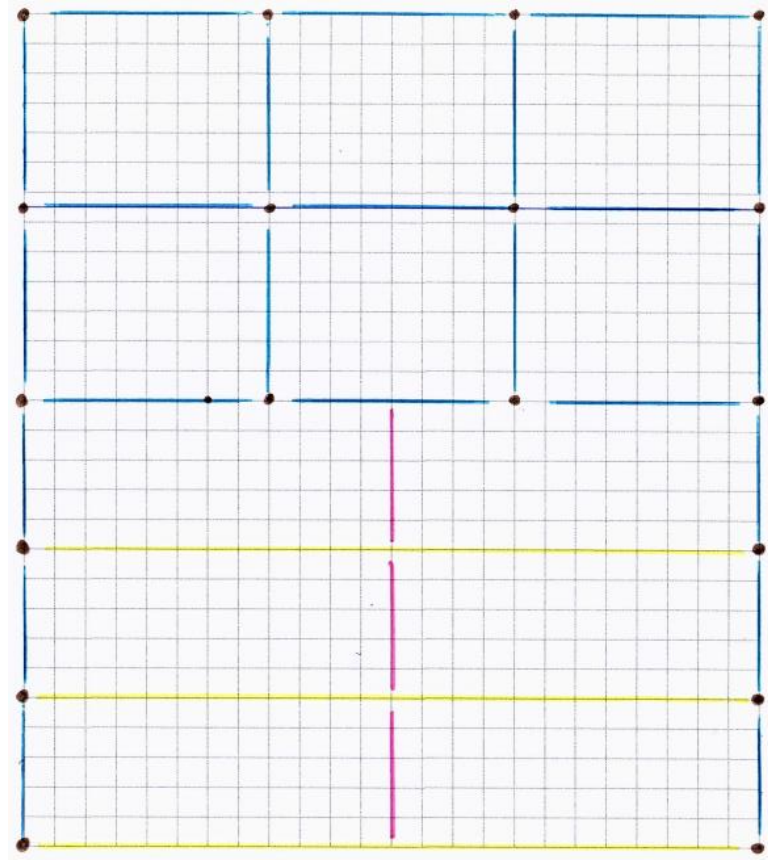


Ilustración 75. Propuesta de diseño del forjado para la primera planta.
Fuente: elaboración propia

Para las vigas que van a conformar el forjado de la primera planta, se va a usar un perfil HEA 200. En este caso, nuevamente, se tiene que cargar la familia para en el proyecto.

Si se representa en Revit la propuesta que primeramente se ha plasmado sobre el papel. Como resultado, se obtiene la siguiente estructura reflejada en la Ilustración 76:

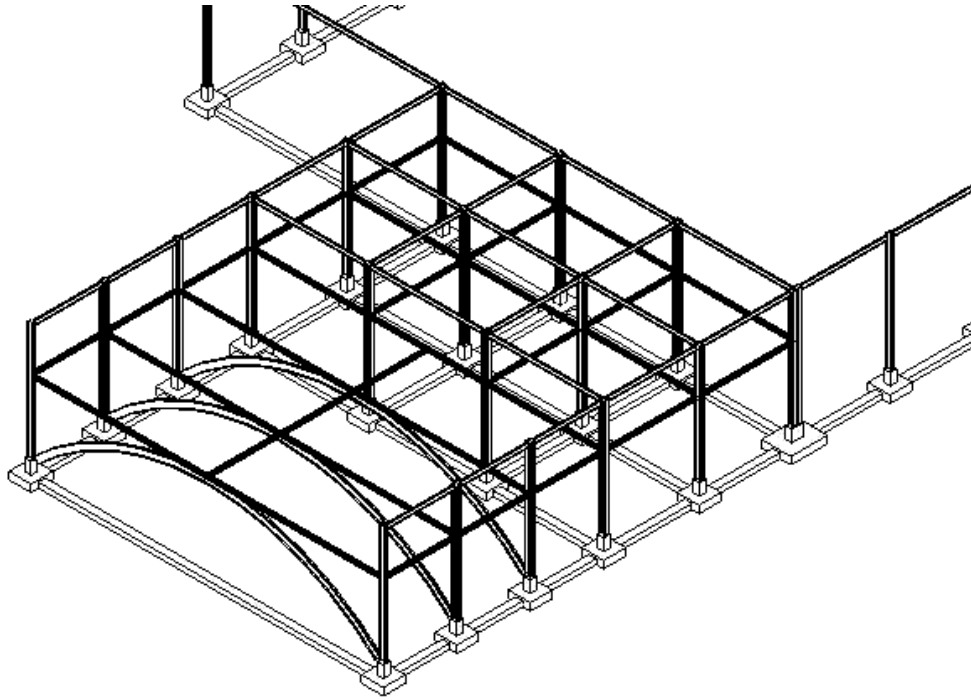


Ilustración 76. Apariencia del forjado en la primera planta.
Fuente: elaboración propia

5.6.1. Desarrollo de la estructura para la cubierta en la zona de oficinas

Se va a concluir con el desarrollo y planteamiento de la estructura en la zona de oficinas. Para ello se va a optimizar primeramente la vista con la que se va a trabajar en el proyecto para evitar confusiones. Para ello se selecciona la opción “Ocultar elemento”. La Ilustración 77 muestra el que será el resultado obtenido:

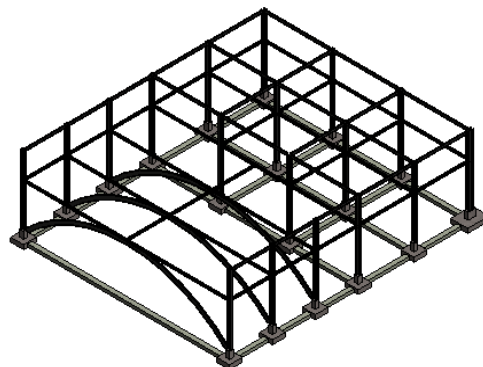


Ilustración 77. Estructura del proyecto aislando la zona de oficinas. Uso del comando “Ocultar elemento”. Fuente: elaboración propia.

Con la interfaz simplificada es mucho más fácil el modificar los elementos y el ordenador no se va sentir tan cargado. En primer lugar se va a disponer una celosía con carácter estructural para la cubierta. Se va a introducir una celosía estructura de tipo Howe. Las principales características de ésta son:

- ✓ Uso recomendado para cubrir luces medianas
- ✓ Las vigas en disposición diagonal trabajan a compresión
- ✓ Las vigas montantes trabajan a tracción
- ✓ Gran presencia en las diferentes construcciones industriales
- ✓ Buena relación peso-resistencia si se compara con vigas de alma llena

Dado que se va a trabajar con una luz mediana (24 m), se va a considerar la colocación de una cercha tipo Howe con 8 paneles. Se obtiene en el modelo una estructural tal y como en la ilustración 78:

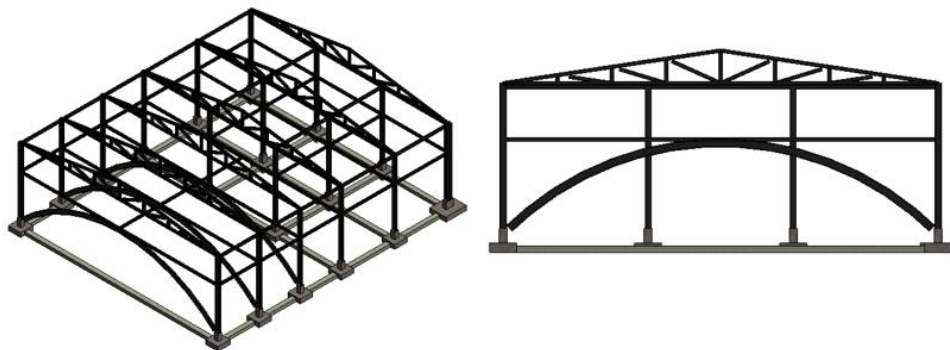


Ilustración 78. Estructura de la zona de oficinas tras disponer la celosía para la cubierta.
Fuente: elaboración propia

Puede darse el caso de que las características geométricas de la celosía no complazcan los requisitos estructurales de la construcción. El uso de la tecnología BIM, como se ha indicado previamente, permite la modificación de los elementos y la adaptación de ellos a las demandas de la estructura.

Si se desean editar las características geométricas, materiales y secciones mediante el comando “*Editar tipo*” en el menú propiedades somos capaces de modificar éstas:

- ✓ **Altura de viga de celosía:** por defecto viene definida una altura de 1,8 m. Por motivos de diseño se va a modificar la altura hasta los 2,0 m.

De esta forma se sitúa la altura a cumbrera en la zona de oficinas a 10,0 m.

- ✓ **Tipos de armazón estructural:** para este proyecto, en las vigas de celosía situadas sobre la zona de oficinas se va a usar un perfil IPN 180 para todos los elementos que forman la cercha.

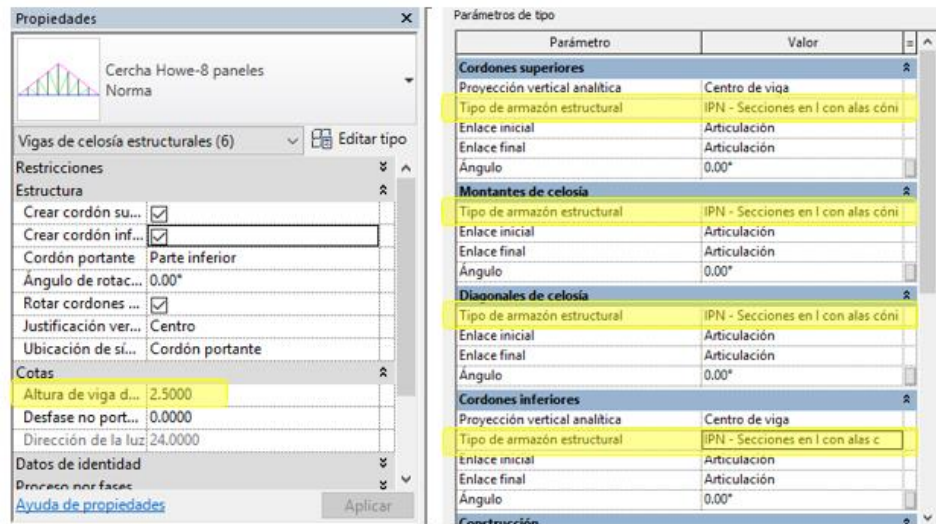


Ilustración 79. Características de la cercha Howe de 8 paneles utilizada como cubierta en la zona de oficinas. Fuente: elaboración propia.

Tras ejecutar estas modificaciones, el resultado será como en la Ilustración 80:



Ilustración 80. A la izquierda: disposición predeterminada.
A la derecha: disposición con las modificaciones planteadas por el proyectista
Fuente: elaboración propia

A continuación se va a disponer una viga de atado en la cumbrera de la cubierta en la zona de oficinas. En este modelo se va a tener que crear un nuevo a una altura de cota +10,5 m (8 m de pilar a dintel + 2,5 m de la altura de la cercha). Este nuevo nivel se va a nombrar como *Cumbrera zona oficinas*. También se va a crear una línea de rejilla para facilitar la labor de colocación de la viga.

La finalidad de introducir esta viga de atado es la de aumentar la rigidez de la estructura y conectar los pórticos entre sí. El perfil a utilizar será un IPN 120.

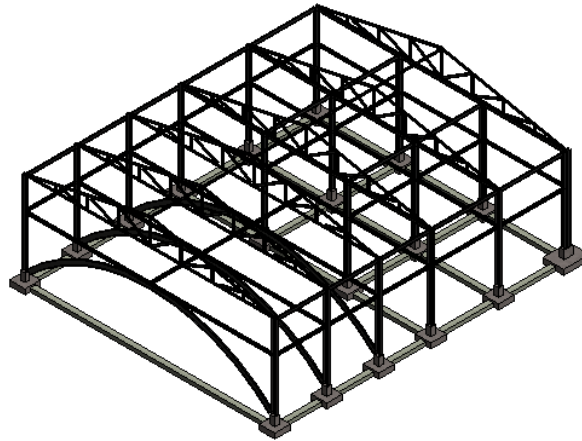


Ilustración 81. Cubierta de la zona de oficinas tras incluir viga de atado en cumbrera. Fuente: elaboración propia.

En este punto, para concluir la estructura de la cubierta, se introduce en el proyecto las correas que van a unir a los diferentes pórticos. Estas vigas se van a introducir a partir del comando “*Sistema de vigas*”, dentro del menú “*Estructura*”.

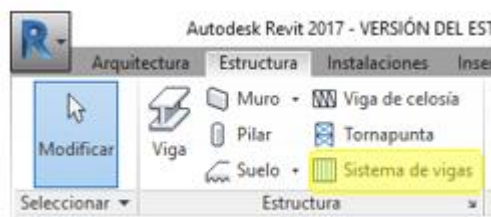


Ilustración 82. Sistema de vigas.
Fuente: elaboración propia

Para estos elementos se va a introducir vigas UPN 100. No se puede introducir elementos muy pesados ya que eso sería contraproducente e iría en contra de la lógica ya que haría necesario reforzar todos los elementos de la estructura.

El proceso de colocación del sistema de vigas difiere del proceso de que se sigue actualmente. Hasta el momento se ha estado siempre trabajando en planos paralelos al suelo (niveles) o perpendiculares (rejillas). En este caso se tiene que trabajar en un plano paralelo a la pendiente de la cubierta. Para ello se tiene que definir un nuevo

plano de trabajo. El proceso de definición de un plano de trabajo paralelo a un elemento es:

- 1) Para activar la función de definir plano, hay que seguir la siguiente ruta de botones: Ficha *Arquitectura* → Grupo *Plano de trabajo* → *Definir*. El botón se muestra en la Ilustración 83:

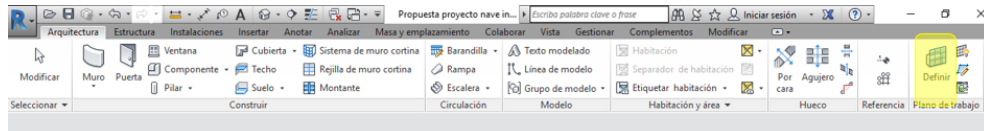


Ilustración 83. Definición del plano de trabajo. Fuente: elaboración propia

- 2) Para definir el plano de trabajo se va a seleccionar “*Seleccionar un plano*”:

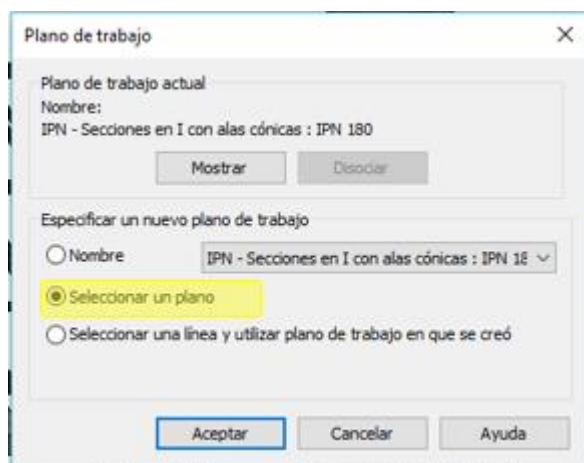


Ilustración 84. Definición del plano de trabajo. Fuente: elaboración propia.

- 3) En este punto se tiene que marcar el plano de cualquier elemento al cual será paralelo el plano de trabajo. Se va a marcar la cara de la viga de celosía:



Ilustración 85. Selección del plano de trabajo. Fuente: elaboración propia.

A partir de aquí se puede introducir ya las vigas de atado usando el comando “*Sistema de vigas*”. Esta opción permite introducir un conjunto de vigas paralelas y relacionadas entre sí:

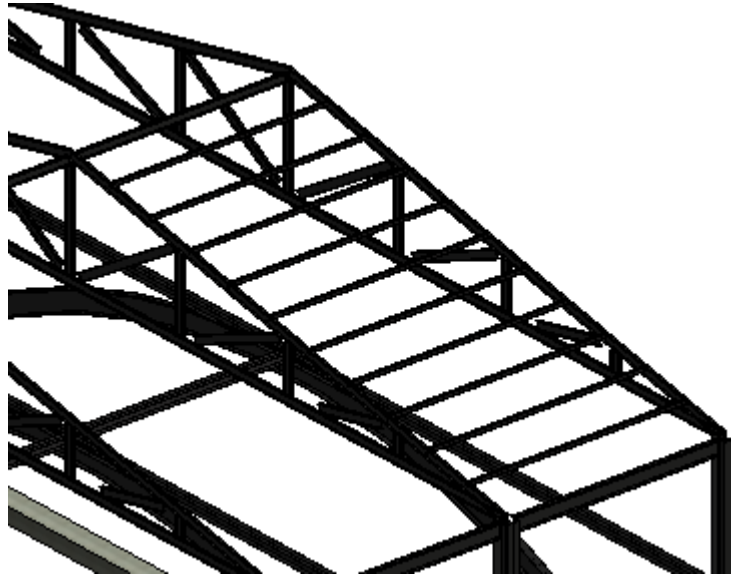


Ilustración 86. Sistema de vigas en la estructura.
Fuente: elaboración propia

En este punto realizado el mismo proceso anterior en cada panel de la cubierta. Finalmente el resultado será como se muestra en la Ilustración 87:

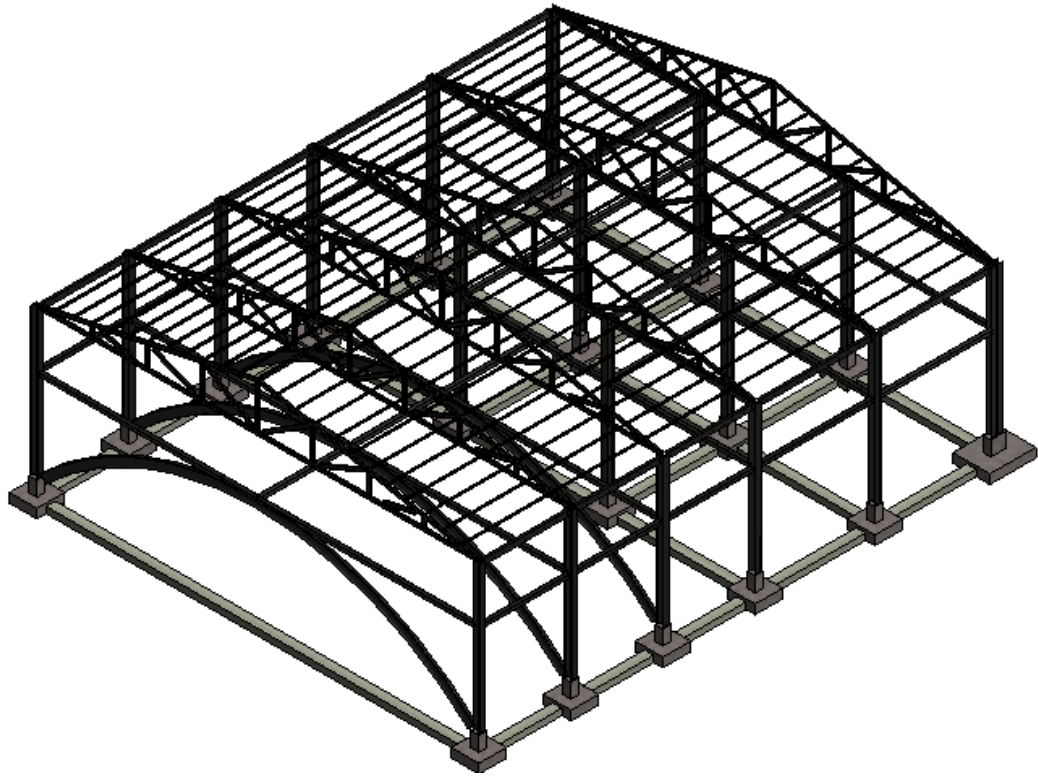


Ilustración 87. Estructura final de la cubierta para la zona de las oficinas.
Fuente: elaboración propia.

5.6.2. Planteamiento y diseño del forjado para la primera planta.

El entramado de vigas sobre el que va a descansar la primera planta (forjado) se va a diseñar a través de la herramienta utilizada anteriormente.

Para facilitar la interfaz, lo primero que se va a hacer es ocultar en la vista algunos elementos. De esto modo se obtendrá la siguiente vista:



Ilustración 88. Preparación de la interfaz para la disposición del forjado en la primera planta. Fuente: elaboración propia.

Se trabajará en el nivel de la “*Primera planta oficinas*”. Para el forjado se considerará el uso de los perfiles IPN 120 con una separación de 1 m entre vigas. Sin embargo, en la zona en la que la primera planta se presenta con forma de voladizo se van a usar perfiles IPN 180 a fin de reforzar el suelo de la oficina.

El resultado gráfico sería como el mostrado en la Ilustración 89:

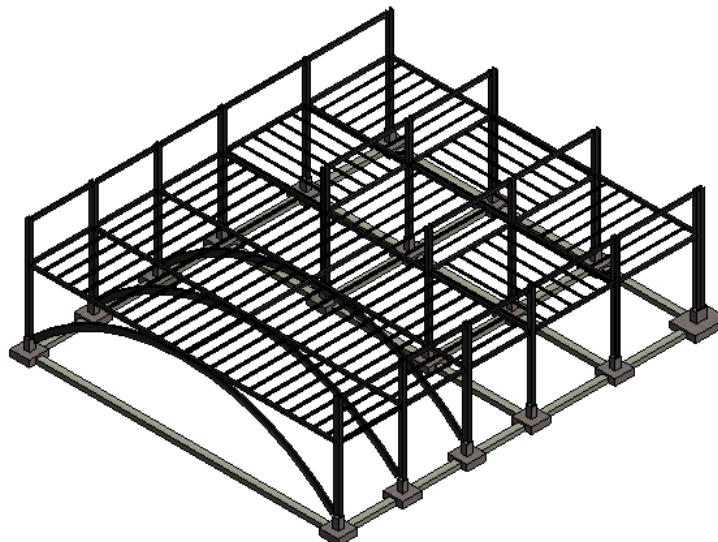


Ilustración 89. Estructura del forjado de la primera planta. Fuente: elaboración propia.

Para concluir con la estructura de la zona destinada a la zona de oficinas (o primera nave), quedaría por introducir una serie de elementos que añadirían rigidez a

la construcción como serían unos tirantes entre los pilares. Así, se va a considerar introducir un perfil en L 30x30x4 mm ya que estos perfiles van a trabajar a tracción y no necesitan una sección muy grande.

La colocación de estos tirantes (o vigas de tornapunta) se va a hacer en dos partes. Un primer conjunto de vigas se situarán desde el nivel suelo (o cota 0) hasta la primera planta; y el segundo, desde la primera planta hasta el final de pilar.

Para insertar las vigas de tornapunta, la ruta a seguir en el Revit es: Ficha *Estructura* → Grupo *Estructura* → *Tornapunta*:

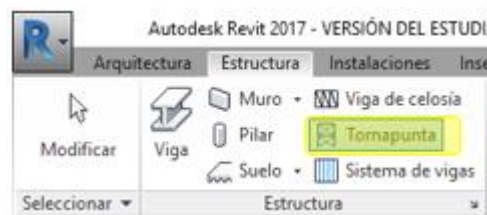


Ilustración 90. Comando de inserción de vigas de tornapunta.
Fuente: elaboración propia.

Es importante indicar que en este comando hay que definir las restricciones tanto superiores como inferiores. Se puede incluso añadir un desfase si la restricción estuviera fuera de la cota de un nivel tal y como se ve en la Ilustración 91:

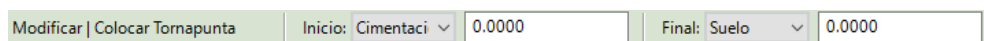


Ilustración 91. Restricciones en la colocación de las vigas de tornapunta.
Fuente: elaboración propia.

El inicio sería el nivel “Suelo” y el final, “Oficina primera planta”. Análogamente sucedería con las vigas de tornapunta en la primera planta. El resultado se muestra en la Ilustración 92:

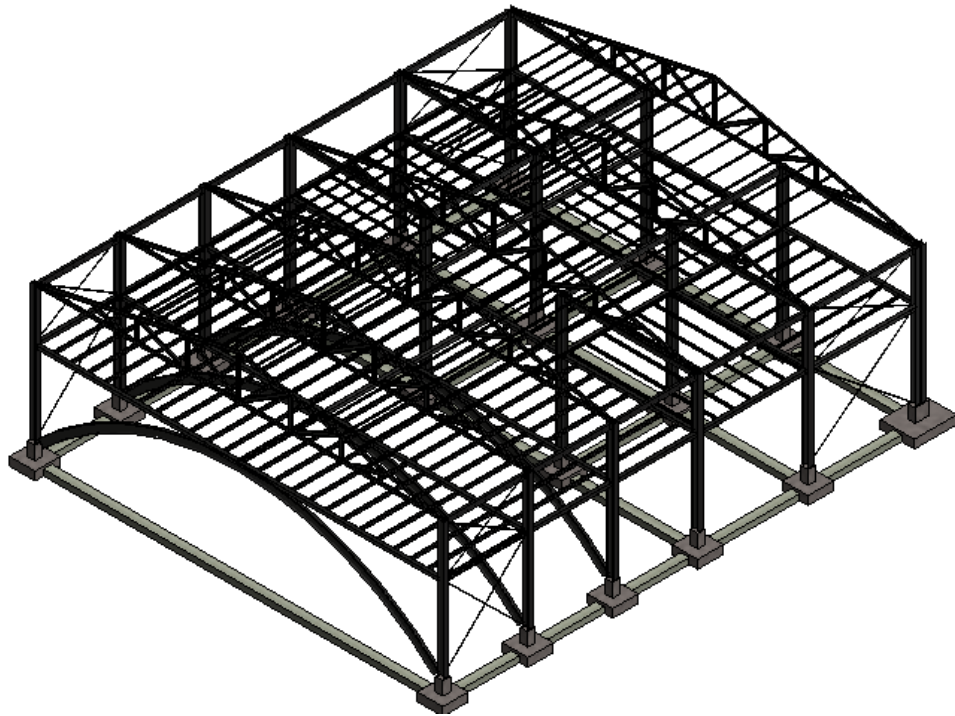


Ilustración 92. Estructura de la zona de oficinas incorporando las vigas de tornapunta.
Fuente: elaboración propia.

5.7. Planteamiento de la estructura de la cubierta en la zona de exposición

Continuando con el proceso de diseño, se va a incluir una viga de celosía de tipo Howe. Debido a la luz (40 m), se va a introducir una celosía que consta de 12 paneles.

La altura que se le va a dar a este conjunto de vigas es de 3,0 metros. De ese modo la cumbrera tendrá la altura de 11 metros como fue planteada al inicio del proyecto. El resultado de la estructura tras disponer las vigas de celosía está presente en la Ilustración 93:

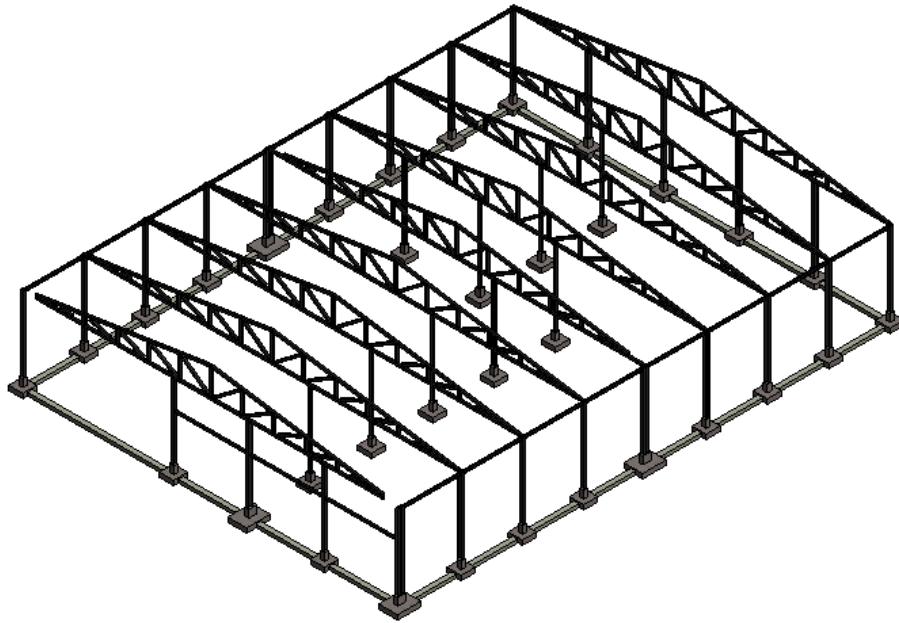


Ilustración 93. Estructura de la zona de oficinas tras disponer celosía.
Fuente: elaboración propia

En este punto se tienen que definir las características de las vigas que conforman la celosía:

- ✓ Para el cordón inferior se va a utilizar un perfil HEA 220.
- ✓ Para las diagonales de la celosía como para los montantes se dispondrá un perfil HEA 140.
- ✓ Para el cordón superior se utilizará un perfil HEA 200.

Las características que permite modificar el software Revit para una viga de celosía vienen dadas en la siguiente ventana:

Parámetros de tipo	
Parámetro	Valor
Cordones superiores	
Proyección vertical analítica	Centro de viga
Tipo de armazón estructural	HEA - Vigas de ala ancha:HEA 200
Enlace inicial	Articulación
Enlace final	Articulación
Ángulo	0.00°
Montantes de celosía	
Tipo de armazón estructural	IPN - Secciones en I con alas c
Enlace inicial	Articulación
Enlace final	Articulación
Ángulo	0.00°
Diagonales de celosía	
Tipo de armazón estructural	HEA - Vigas de ala ancha:HEA 140
Enlace inicial	Articulación
Enlace final	Articulación
Ángulo	0.00°
Cordones inferiores	
Proyección vertical analítica	Centro de viga
Tipo de armazón estructural	HEA - Vigas de ala ancha:HEA 220
Enlace inicial	Articulación
Enlace final	Articulación
Ángulo	0.00°

Ilustración 94. Propiedades en la generación de las celosías.
Fuente: elaboración propia

A continuación incluimos las vigas de atado entre las diferentes celosías. Para ello se va a trabajar en el nivel “*Cumbrera*”. Las vigas de atado serán perfiles IPN 180. Sin embargo, se hace necesario crear una nueva rejilla de referencia que localice la cumbrera. Esta nueva línea se va a llamar “*Referencia cumbrera*”.

El resultado viene dado en la Ilustración 95:

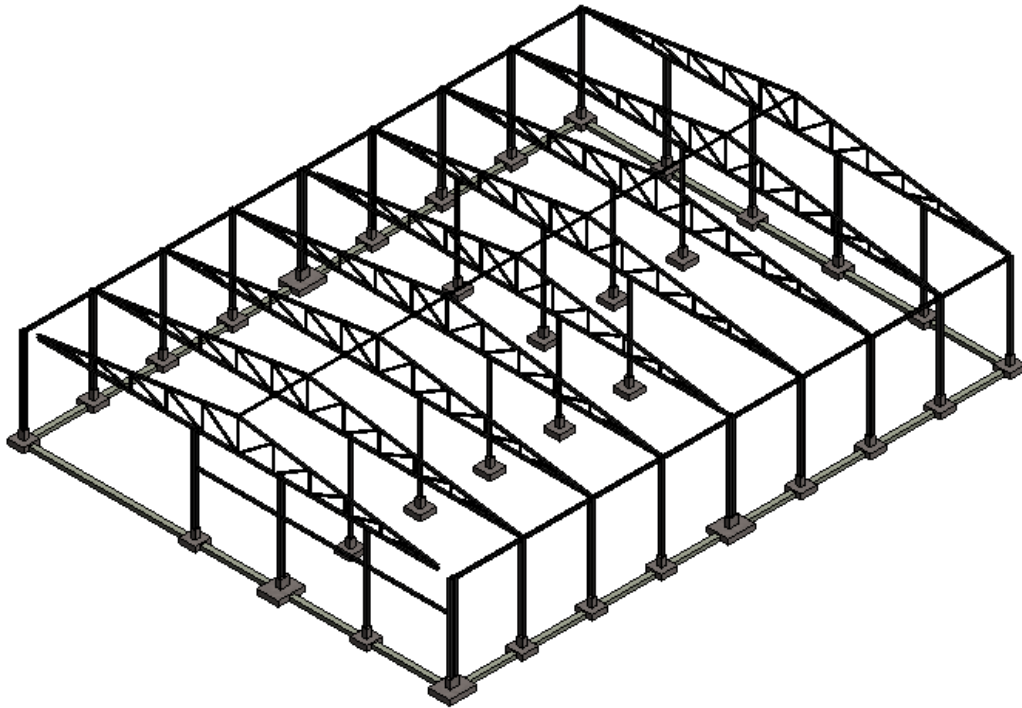


Ilustración 95. Vigas de atado en la cumbrera.
Fuente: elaboración propia

Finalmente se presentan las correas sobre las que se atornillaría la cubierta. Al igual que en la zona de oficinas, se utilizará un perfil UPN 100. Finalmente, la estructura independiente en la zona de exposición queda:

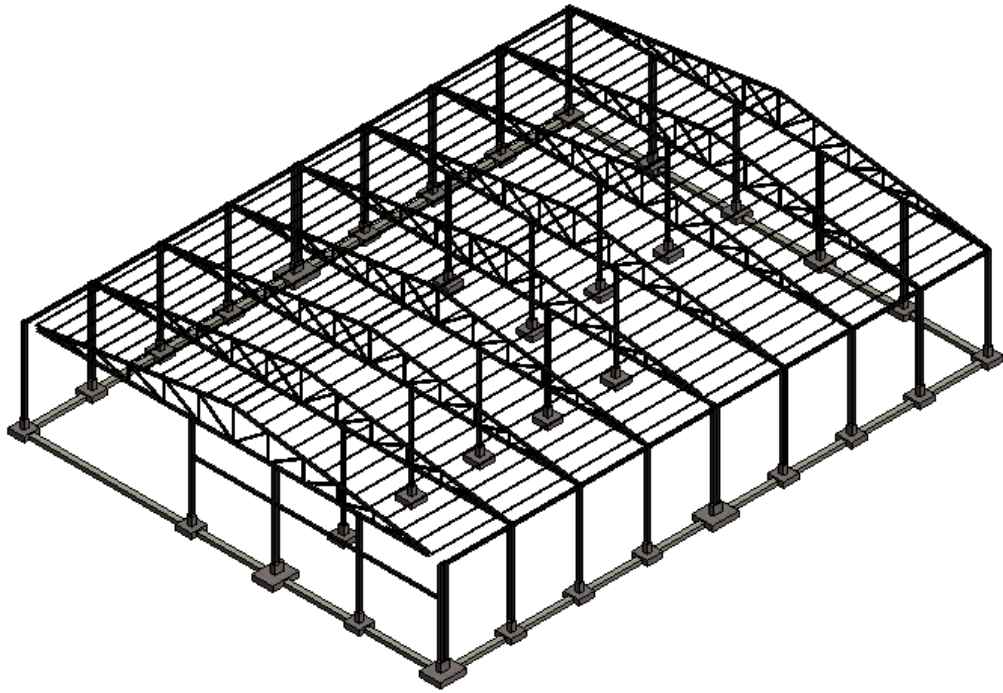


Ilustración 96. Estructura con correas en la cubierta.
Fuente: elaboración propia

Finalmente introducimos unas Cruces de San Andrés para conseguir la rigidez necesaria a la estructura. Al igual que en la zona de oficina, se utilizarán perfiles L 30x30x4. Gráficamente el resultado será tal y como se muestra en la Ilustración 97:

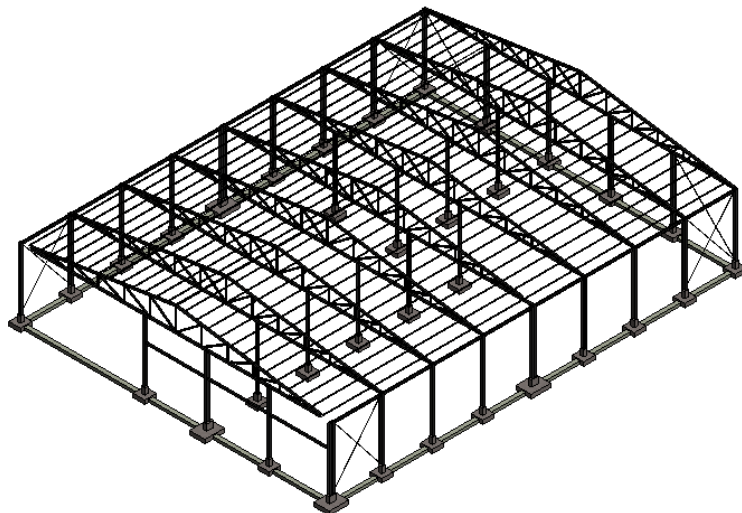


Ilustración 97. Estructura para la zona de exposición incluyendo las vigas de tornapunta.
Fuente: elaboración propia

La estructura final es, mostrando todos los elementos:

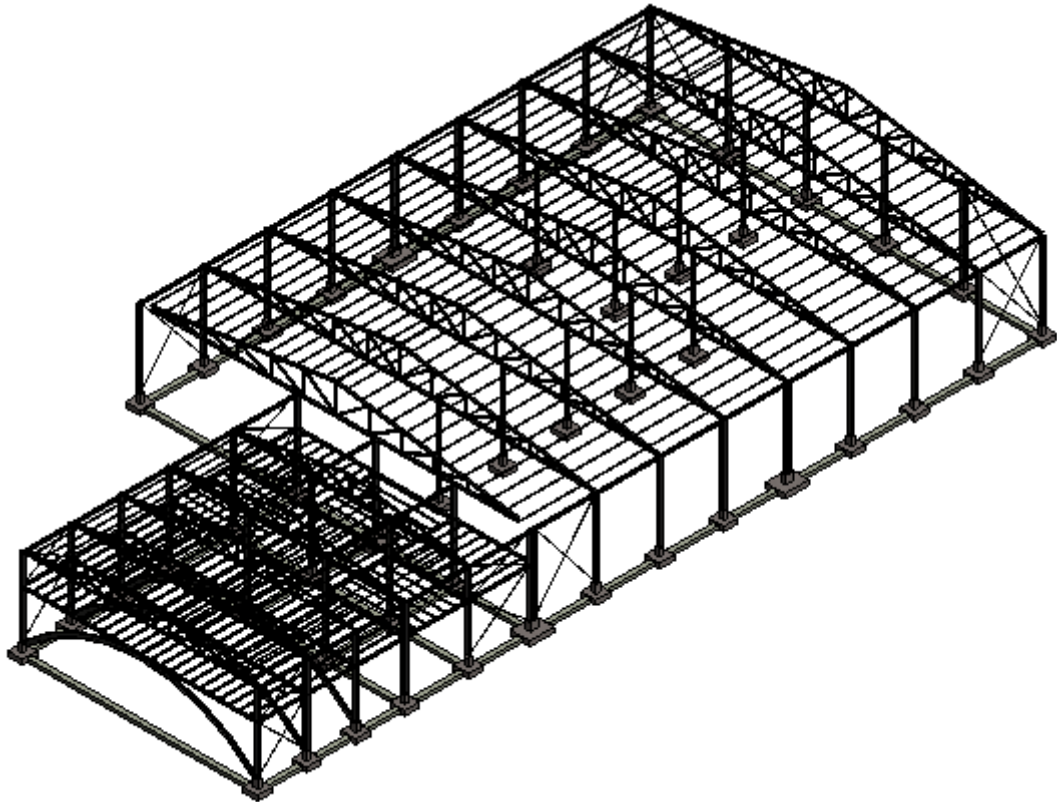


Ilustración 98. Estructura completa.
Fuente: elaboración propia

En este punto se presenta cómo introducir una cubierta en el software Revit. En este caso se va a partir de una cubierta predefinida por el propio programa. Sin embargo se modificarán algunos de los aspectos básicos para dotarla de las características necesarias para el proyecto. En ambas naves se van a colocar cubiertas a dos aguas.

En primer lugar se tiene que localizar el botón “Cubierta” dentro de la interfaz. Se encontrará dentro de la ficha *Arquitectura* → Grupo *Cubierta*.



Ilustración 99. Insercción de cubierta.
Fuente: elaboración propia

Para facilitar el proceso de planteamiento de la cubierta, se va a ocultar en vista la estructura de la nave destinada a exposición.

El proceso de construcción de la cubierta es similar al proceso de inserción de los sistemas de vigas para las correas de la cubierta. En primer lugar se tiene que elegir el modo de diseño de la cubierta. Dentro del Revit se dan diferentes opciones de diseño:

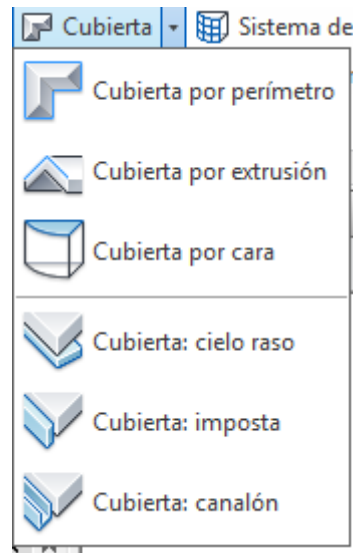


Ilustración 100. Diferentes opciones para el diseño de la cubierta.
Fuente: elaboración propia

- ✓ **Cubierta por perímetro:** crea una cubierta usando el perímetro de construcción para definir sus contornos. En esta definición de cubierta, se trabaja desde una vista de planta o con una vista de techo reflejado.

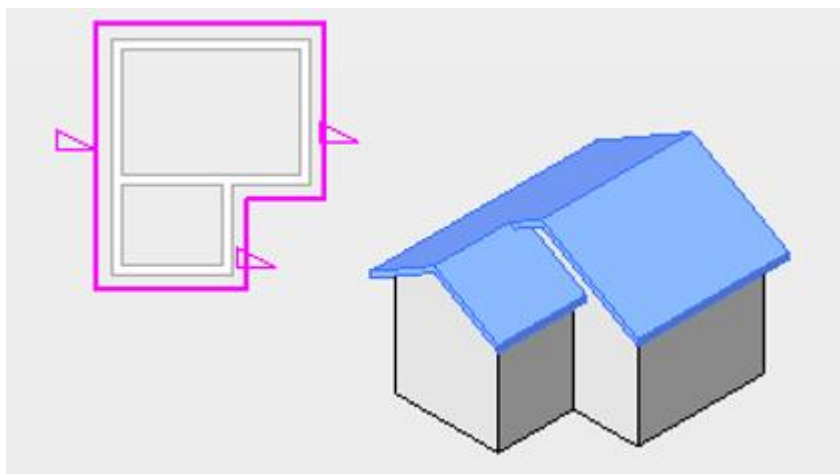


Ilustración 101. Definición de cubierta por perímetro.
Fuente: elaboración propia

- ✓ **Cubierta por extrusión:** crea una cubierta mediante un perfil creado por el usuario. en este caso, la vista de trabajo será un alzado:

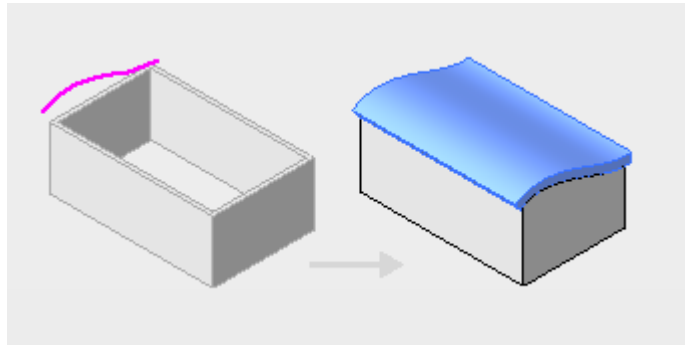


Ilustración 102. Definición de la cubierta por extrusión.
Fuente: elaboración propia

- ✓ **cubierta por cara:** se crea una cubierta usando una cara no vertical de una masa. Es decir, se permite utilizar el contorno de la superficie irregular como base sobre la que descansará la cubierta:

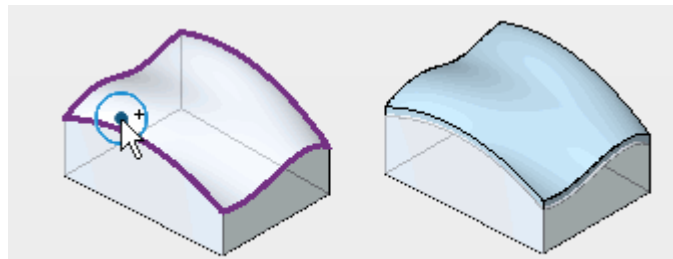


Ilustración 103. Definición de cubierta por cara.
Fuente: elaboración propia

- ✓ **Cubierta a cielo raso – Cubierta: imposta – Cubierta: canalón:** a partir de estas opciones no se crean cubiertas como tales, sino que permiten añadir a las cubiertas ya definidas diferentes elementos:

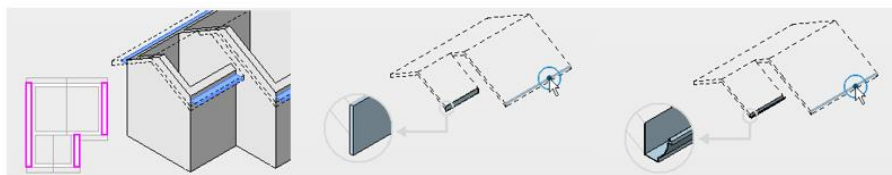


Ilustración 104. De izquierda a derecha: cubierta a cielo raso, cubierta con imposta, cubierta con canalón.
Fuente: elaboración propia

En este punto se comienza con la disposición de la cubierta sobre la estructura que se va a localizar sobre la zona de oficinas. Como se va a utilizar la opción “Cubierta por perímetro”, se selecciona la vista de planta “Pilares-Dintel”. Una vez se

tiene la vista de planta con el desfase deseado, se dibuja el contorno de la cubierta. Para ello el programa facilita diferentes herramientas para dibujar el boceto. Ya que la nave que se ha planteado es rectangular, se marca la opción para tal boceto:

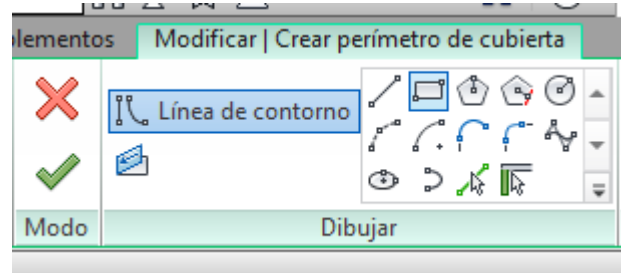


Ilustración 105. Posibilidades de selección para el dibujo del perímetro de la cubierta.
Fuente: elaboración propia.

La solución gráfica a la disposición de la cubierta queda mostrada en la Ilustración 106:

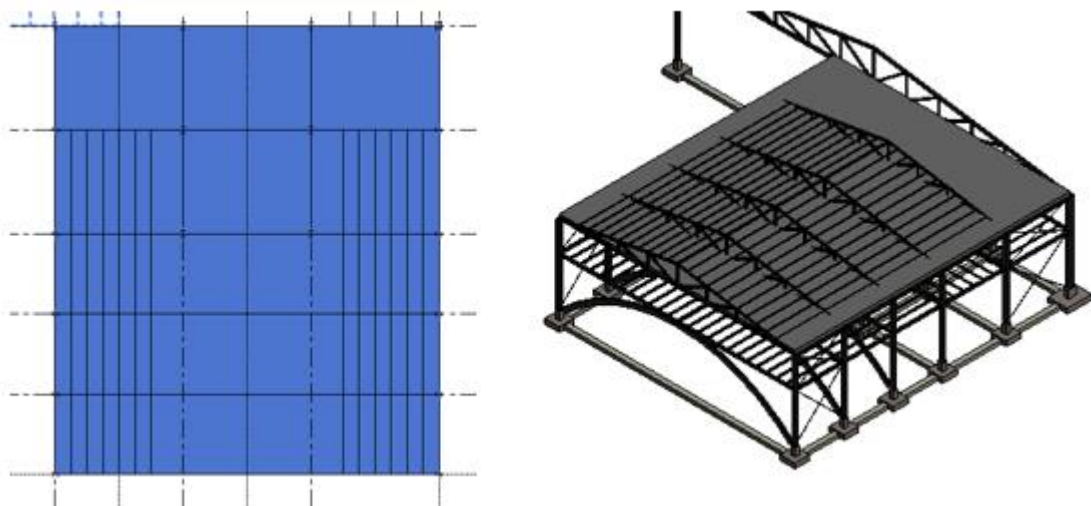


Ilustración 106. Resultado tras insertar la cubierta.
Fuente: elaboración propia

La primera solución que aporta el programa se trata de una solución errónea ya que la cubierta creada es planta. Si se selecciona la cubierta, en el menú de la interfaz “*Cuberitas | Modificar*” se podrá caracterizar cubierta según las demandas y necesidades.

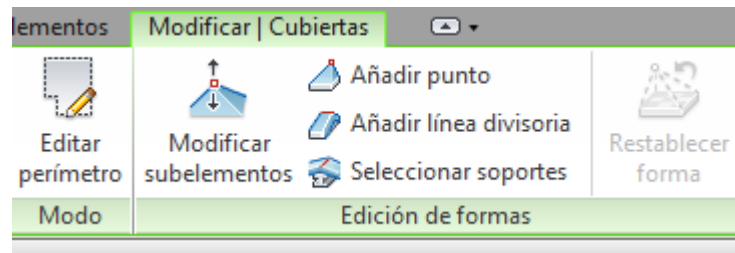


Ilustración 107. Menú de modificación de cubierta.
Fuente: elaboración propia

De las diferentes opciones que se plantean, “*Seleccionar soportes*” permitirá definir cuál será la línea de división y crea líneas portantes constantes para la losa al seleccionar la viga. Gráficamente:

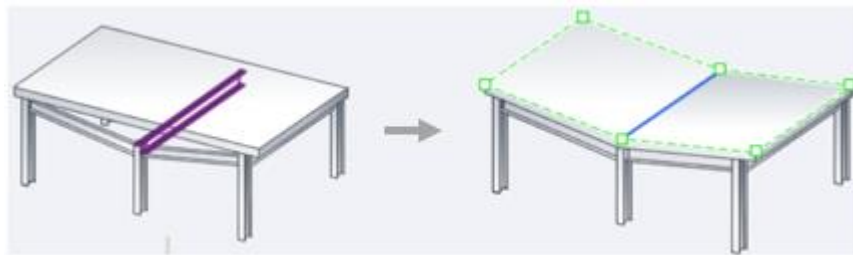


Ilustración 108. Resultado tras aplicar “*Seleccionar soportes*”.
Fuente: elaboración propia

En el proyecto se tiene que marcar como soporte para la cubierta las vigas de atado que se pusieron en la cumbrera. Una vez se ha hecho esto, el resultado obtenido será el mostrado en la Ilustración 109:

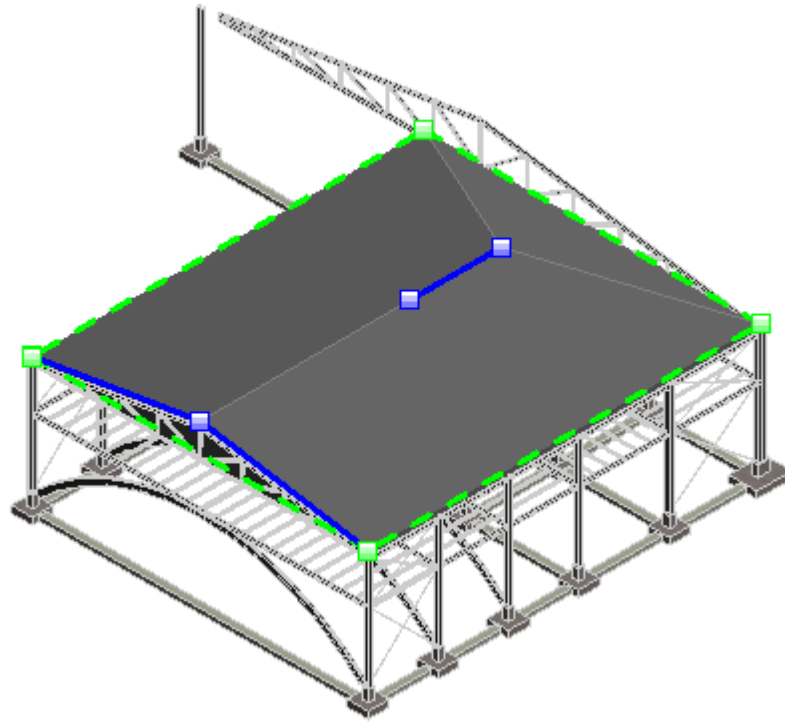


Ilustración 109. Cubierta a dos aguas en la zona de oficinas.
Fuente: elaboración propia

Trabajando de forma similar para la zona de exposición, el resultado que queda para la construcción completa es tal y como se observa en la Ilustración 110:

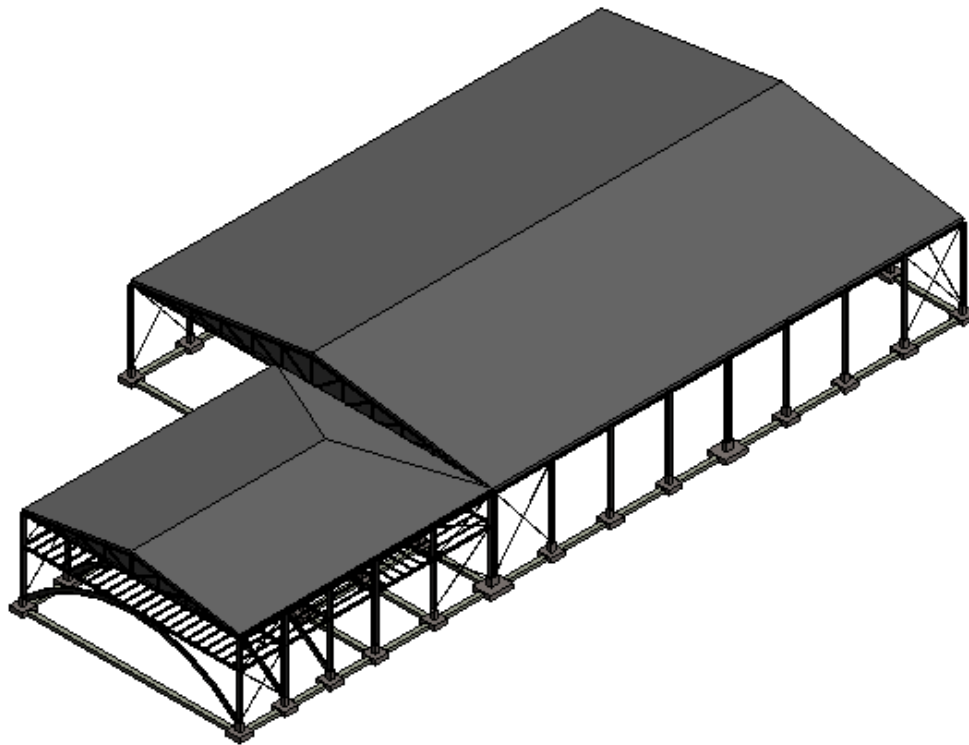


Ilustración 110. Resultado tras la inserción de ambas cubiertas.
Fuente: elaboración propia

5.8. Inserción de la escalera en el proyecto

Se hace necesaria la construcción de una escalera para conectar el piso inferior y el piso superior. Para ello, la ubicación y la forma que va a tener la escalera viene dada por el siguiente esquema:

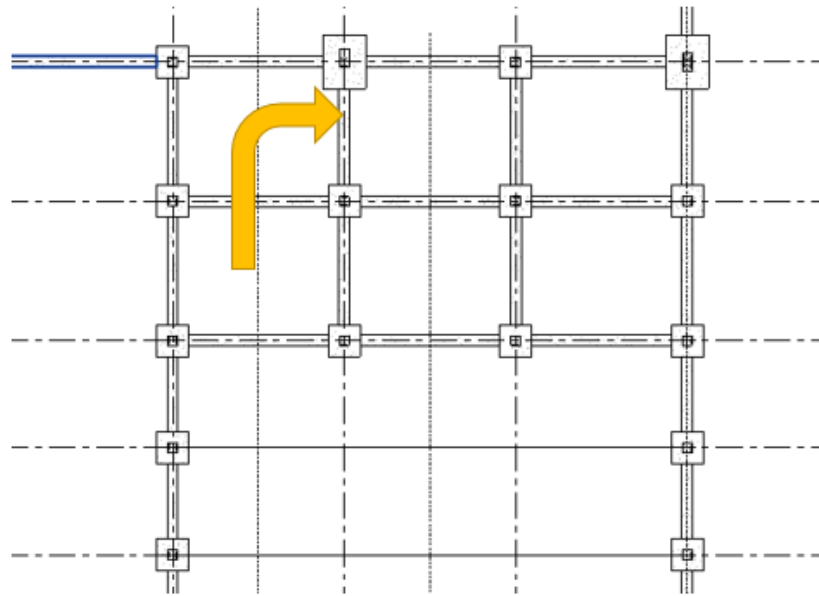


Ilustración 111. Boceto de la escalera para ascender a la primera plana.
Fuente: elaboración propia

Se va a insertar una escalera en L. Esta va a ser la única escalera que se va a encontrar dentro de la edificación. De acuerdo con la normativa vigente (CTE), la anchura que tiene que tener viene dada por la fórmula para el sentido descendente:

$$A = P/160$$

Dónde:

- ✓ A se refiere anchura del elemento, [m].
- ✓ P se refiere al número total de personas cuyo paso está previsto por el punto cuya anchura se dimensiona.

Así pues, considerando una ocupación de 68 personas en la zona de oficinas en el momento de máxima ocupación, la anchura del elemento será de 0,425 m. Sin embargo esa anchura es bastante menor de lo necesario por comodidad. Así pues, la anchura de la escalera propuesta será de 1,75 m.

Para insertar la escalera, se trabaja en la ficha *Arquitectura* → *Grupo Circulación* → *Escalera*.

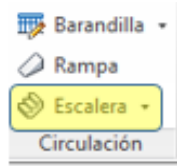


Ilustración 112. Icono inserción escalera.
Fuente: elaboración propia

La generación de la escalera se puede hacer a través de dos métodos:

- ✓ **Escalera por boceto:** con esta opción se dibuja el contorno de la escalera. Se trata de una opción que requiere un mayor nivel de manejo de Revit.
- ✓ **Escalera por componente:** a través de esta opción, la escalera se diseña por partes. Una escalera en L como la que se ha planteado en el proyecto, requiere de tres partes:
 - Tramo 1
 - Descansillo
 - Tramo 2

El Revit proporciona botones para insertar cada uno de los elementos anteriores:

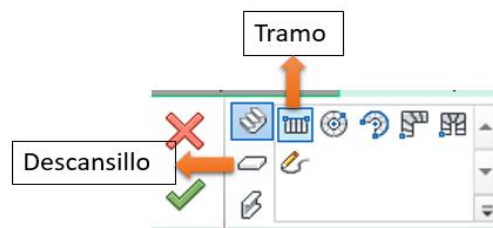


Ilustración 113. Botones para la inserción automática de elementos en escaleras.
Fuente: elaboración propia

La creación de la escalera, paso a paso, quedaría:

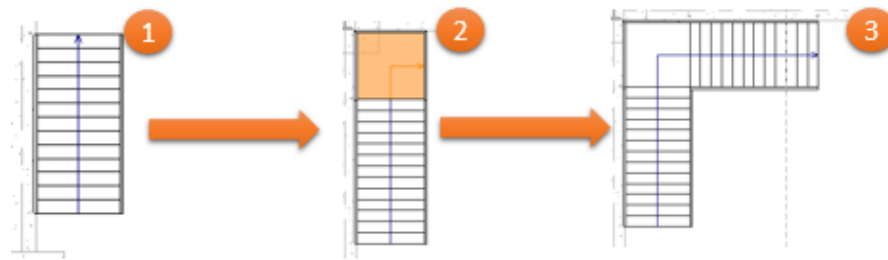


Ilustración 114. Inserción paso a paso de la escalera.
Fuente: elaboración propia

Si se analiza la imagen:

1. Se inserta el primera tramo de la escalera
2. Se inserta un descansillo para realizar el giro de la escalera
3. Se inserta el segundo y último tramo de la escalera

En 3D el resultado será el mostrado en la Ilustración 115:

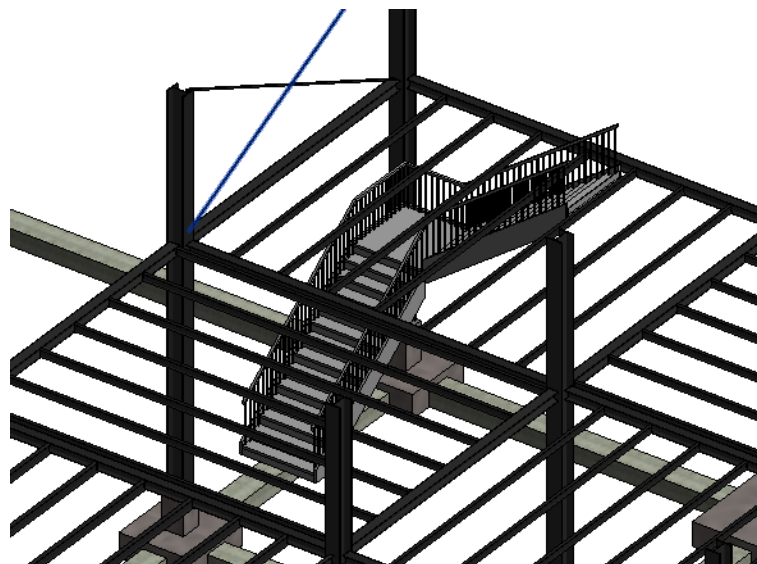


Ilustración 115. Resultado 3D de insertar la escalera.
Fuente: elaboración propia

Se puede notar como existe una interferencia entre la escalera y las vigas sobre las que descansará la primera planta. Se hace necesario suprimir los elementos que causan la interferencia:

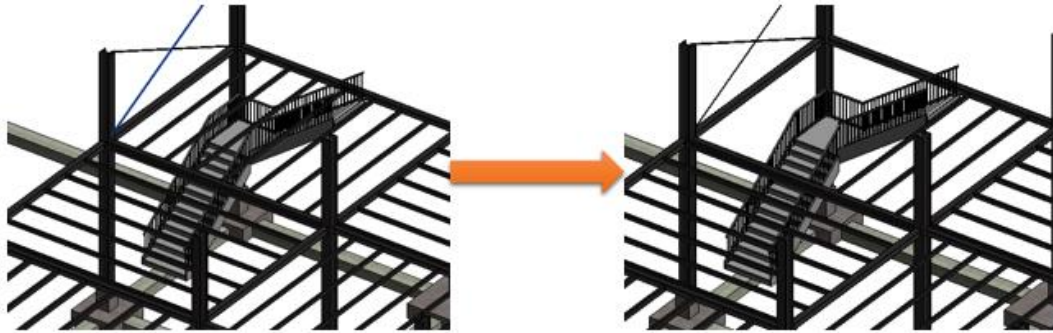


Ilustración 116. Supresión de los elementos que causan la interferencia.
Fuente: elaboración propia

5.9. Inserción del suelo en la zona de oficinas

Toda construcción tiene que tener un suelo sobre el que recae su uso. Se va a disponer en primer lugar del suelo predeterminado por el software Revit. Posteriormente se modificará para atribuirle las características estéticas necesarias.

La inserción del suelo se hace al través de la ficha *Arquitectura* → Grupo *Suelo*. Nuevamente Revit proporciona un submenú para seleccionar el método de inserción más adecuado según la necesidad:

- ✓ **Suelo: arquitectónico** – Crea un suelo para el nivel actual de trabajo en el modelo de construcción.

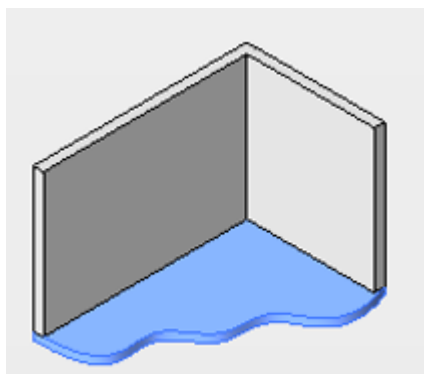


Ilustración 117. Suelo:
arquitectónico.
Fuente: elaboración propia

- ✓ **Suelo: Estructural** – Crea un forjado estructural o una losa para el nivel actual del modelo.

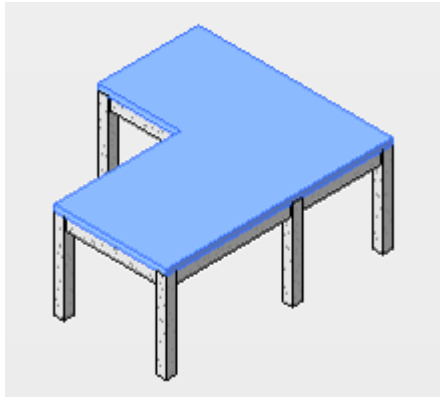


Ilustración 118. Suelo: estructural.
Fuente: elaboración propia

- ✓ **Suelo por cara y suelo por bode de losa** – estos métodos de inserción del suelo en el proyecto se usan para convertir en suelo una vista en planta del modelo de construcción y para dar forma de borde horizontal a los bordes de una losa de suelo, respectivamente:

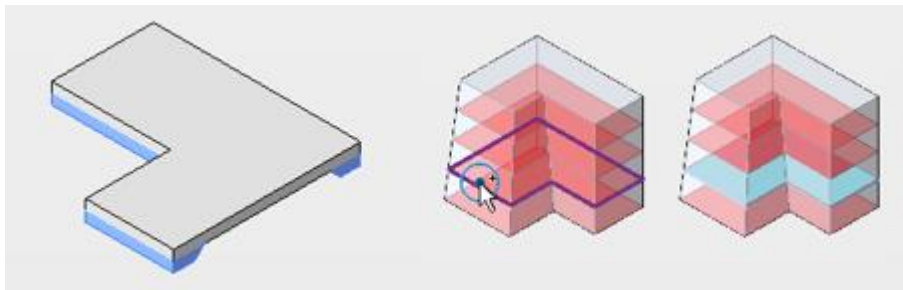


Ilustración 119. De izquierda a derecha: suelo por borde de losa, suelo por cara.
Fuente: elaboración propia

En para la planta baja se insertará el suelo usando el método *Suelo: arquitectónico*. Para ello, el procedimiento es:

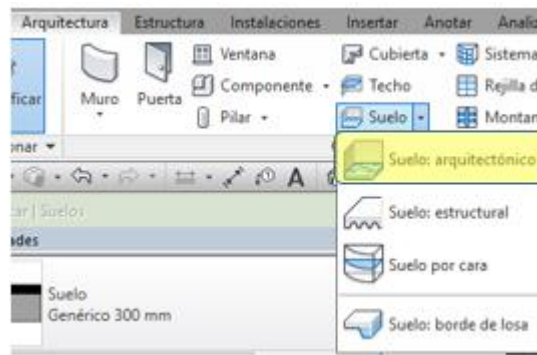


Ilustración 120. Selección del método de inserción del suelo.

Fuente: elaboración propia

La definición del suelo se hace a través de un boceto. En este boceto se seleccionan las dimensiones que tendrá el suelo. Para el proyecto, el resultado del boceto es el presentado en la Ilustración 121:

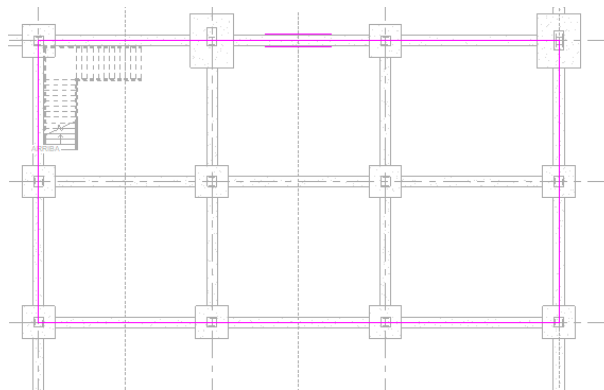


Ilustración 121. Resultado del boceto para el suelo.

Fuente: elaboración propia

La Ilustración 122 muestra el resultado que se generará en el modelo:

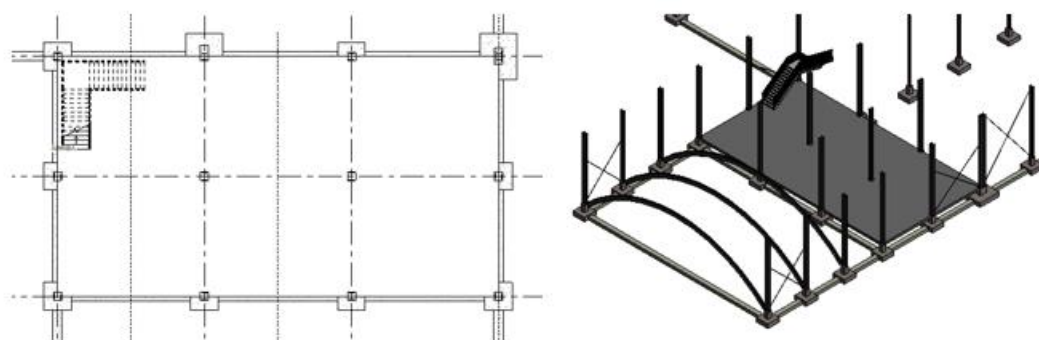


Ilustración 122. Resultado tras insertar el suelo. A la izquierda, vista de planta. A la derecha, vista en 3D.

Fuente: elaboración propia

Análogamente, lo se hace lo mismo con la zona comprendida bajo los arcos. El resultado final es:

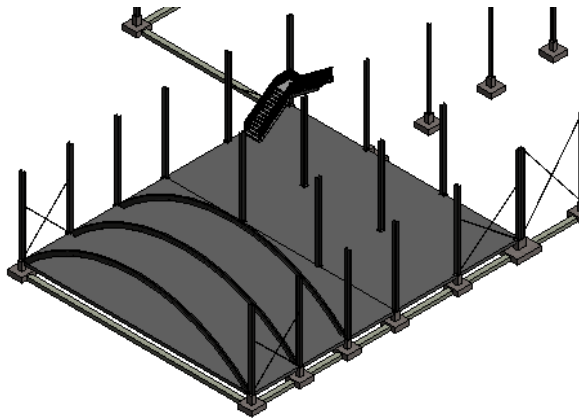


Ilustración 123. Resultado para el suelo en la primera planta en la zona de oficinas.
Fuente: elaboración propia

El procedimiento de inserción del suelo en la segunda planta coincide en metodología como para la primera planta. Sin embargo, en esta ocasión se utilizará el tipo *Suelo: Estructural*.

En la vista en planta de la primera planta, se percibe que la forma de disponer el forjado no permite introducir un suelo. Esto se debe a que están conviviendo vigas orientadas en dos direcciones. Por ello, se han de modificar primero las direcciones de las vigas.

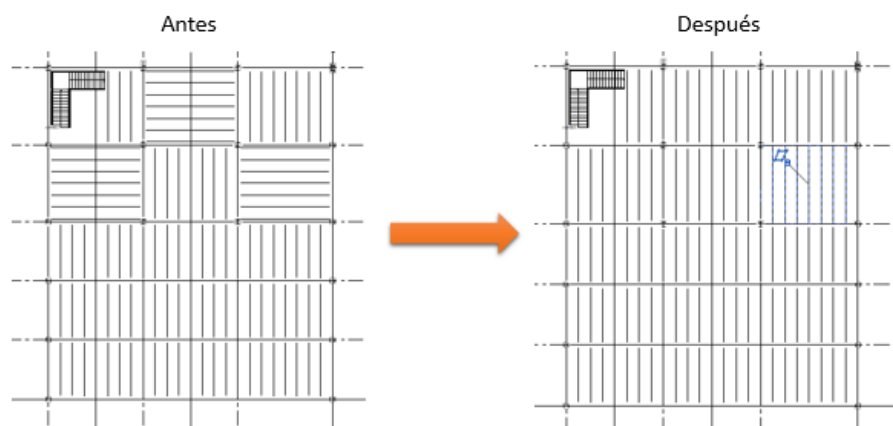


Ilustración 124. Resultado tras la modificación de la dirección de las vigas.
Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta el tramo sin suelo que debe quedar para la escalera, el resultado del boceto y 3D será:

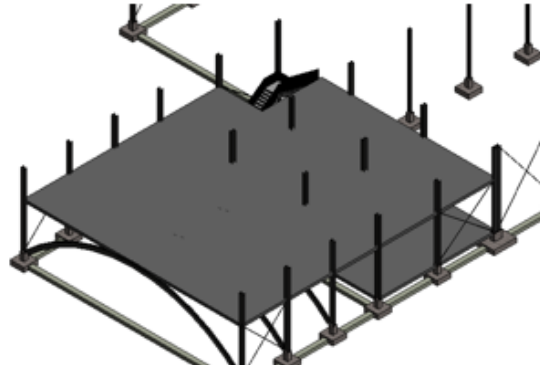
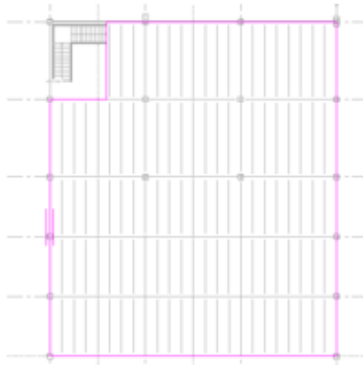


Ilustración 125. Resultado para el suelo en la segunda planta. Vista planta y en 3D.
Fuente: elaboración propia

Aplicando el mismo procedimiento de trabajo, se procede a diseñar e introducir en el proyecto el suelo para la zona almacén. Así, el resultado gráfico con la vista desde la planta y en 3D es tal y como muestra la Ilustración 126:

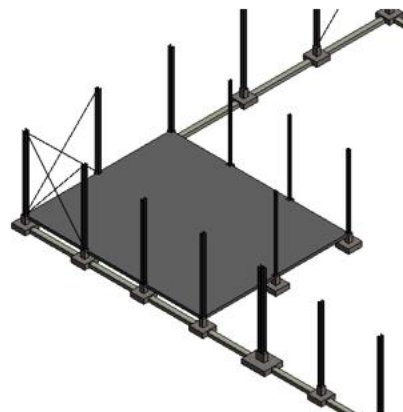
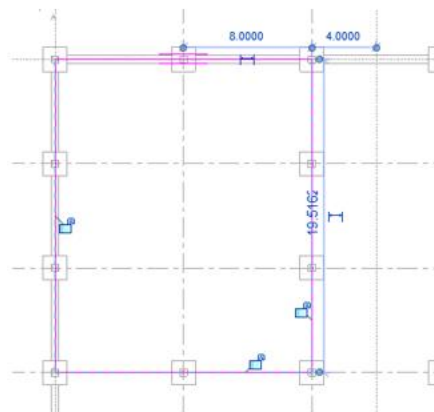


Ilustración 126. Resultado para el suelo en la zona exposición. Vista planta y en 3D.
Fuente: elaboración propia

De forma análoga a como se ha trabajado anteriormente, se introduce el suelo para la zona de exposición. Nuevamente, el resultado del boceto con la vista desde la planta y el 3D es:

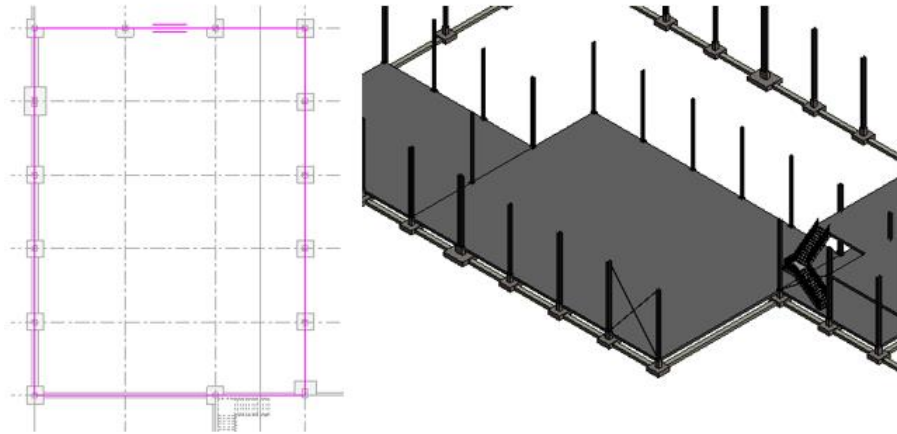


Ilustración 127. Resultado para el suelo en la zona almacén. Vista planta y en 3D.
Fuente: elaboración propia

Aplicando el mismo método de trabajo que en los puntos anteriores, el resultado gráfico será, tanto en planta como en 3D, el mostrado en la Ilustración 128:

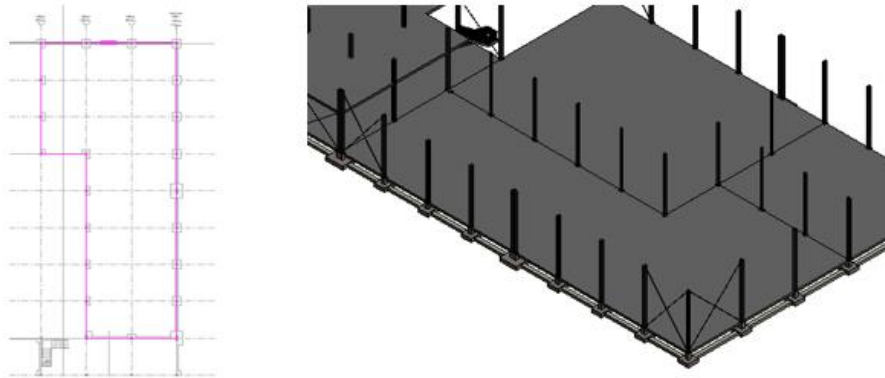


Ilustración 128. Resultado para el suelo en la zona taller. Vista planta y en 3D.
Fuente: elaboración propia

5.10. Definición de los techos

El modelado del techo en el software Revit se hace a partir de la herramienta que se encuentra en el menú *Arquitectura* → *Techo*:



Ilustración 129. Botón de inserción del componente "Techo".
Fuente: elaboración propia

Para insertar un techo, se ha de marcar el nivel en el que se desea su construcción. Así, el techo en la planta baja de la zona de oficinas se construirá sobre el nivel “*Suelo*”.

La inserción del techo se puede realizar a través de dos botones/opciones que proporciona el software Revit:

- ✓ **Techo automático:** crea un techo a una distancia especificada por encima del nivel de trabajo. El software identifica las habitaciones de forma autónoma.
- ✓ **Boceto de techo:** crea un techo basado en un boceto de contorno diseñado por el diseñador.

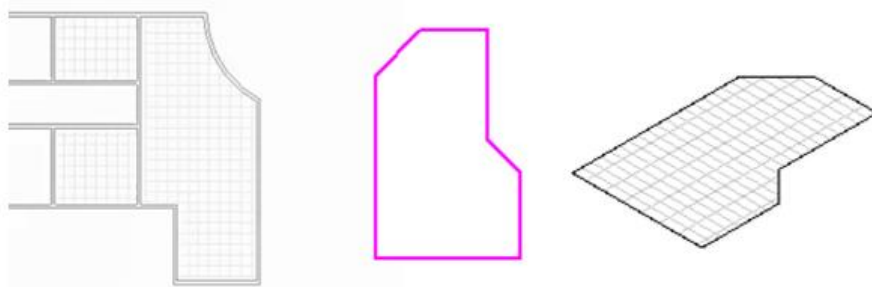


Ilustración 130. A la izquierda, techo automático. A la derecha, boceto de techo.
Fuente: elaboración propia

En el proyecto se va a definir un techo basado en un boceto. El boceto vendrá definido por el perímetro de la planta baja. Así pues, el boceto del perímetro del techo será:

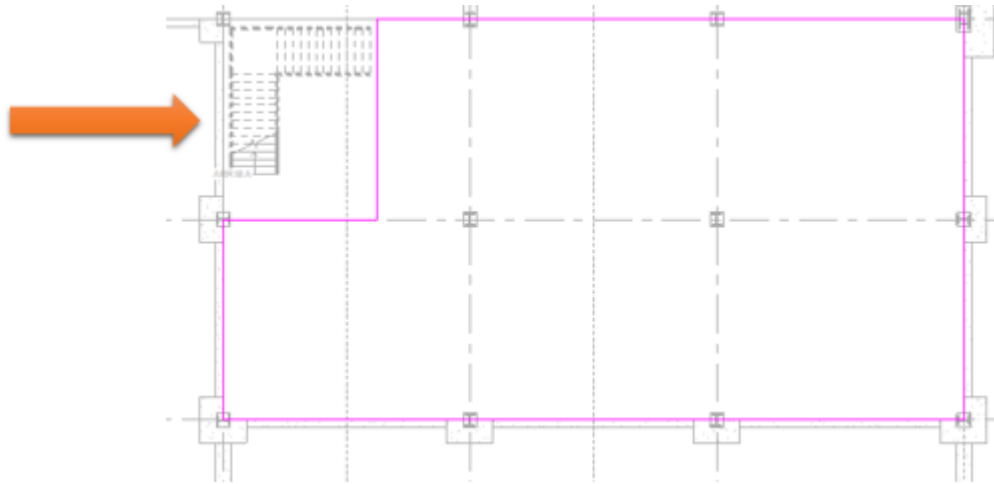


Ilustración 131. Boceto de techo para la planta baja.
Fuente: elaboración propia

El resultado de insertar el techo será tal y como se muestra en la Ilustración 132:

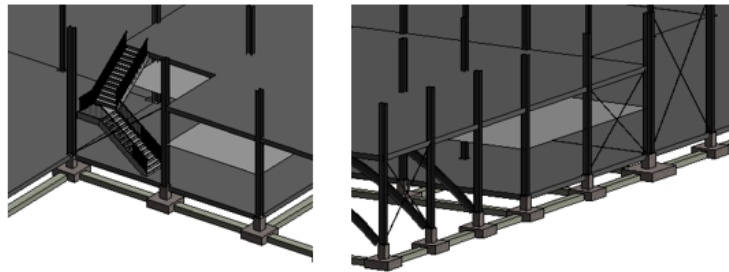


Ilustración 132. Resultado del techo en la primera planta, en color claro.
Fuente: elaboración propia

Se ha de tener en cuenta el espacio tragaluz que se crea en la zona cercana a la escalera. En este caso se puede aplicar una de las ventajas del Revit: se puede ver utilizando el 3D si los bordes están alineados.

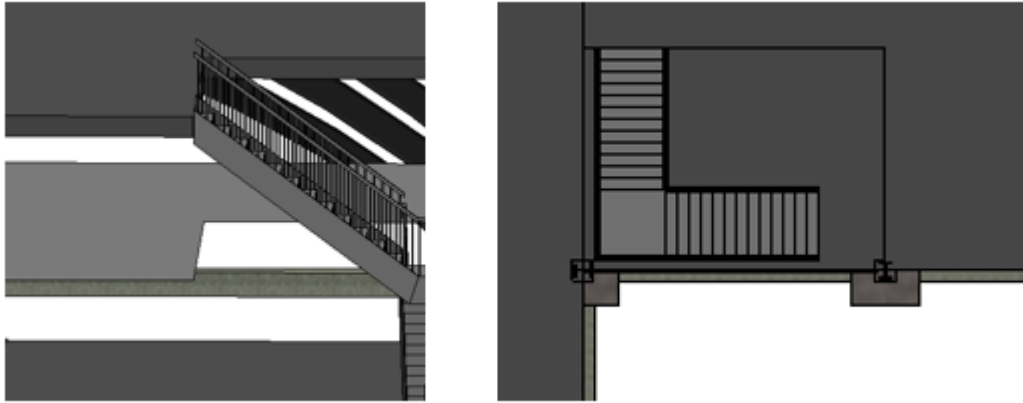


Ilustración 133. Comprobación de que existe coherencia constructiva.
Fuente: elaboración propia

Por último quedaría definir la cota a la que debe situarse el elemento. Para ello se tiene que trabajar en la ventana *Propiedades*. Posteriormente se escribe la información deseada. El techo lo se va a colocar a 4 m para dotar de amplitud a la estancia.

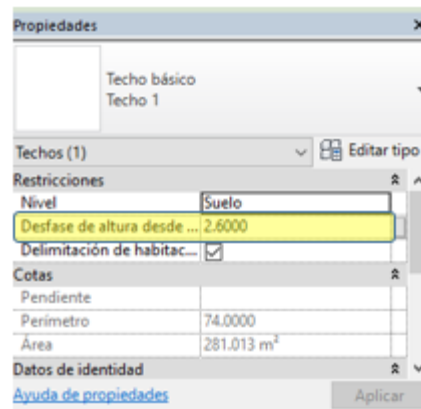


Ilustración 134. Definición de la cota/altura del techo.
Fuente: elaboración propia

. A continuación se inserta el techo en la segunda planta de la zona de oficinas. Así, el boceto que se obtiene en el planteamiento de la inserción del techo es:

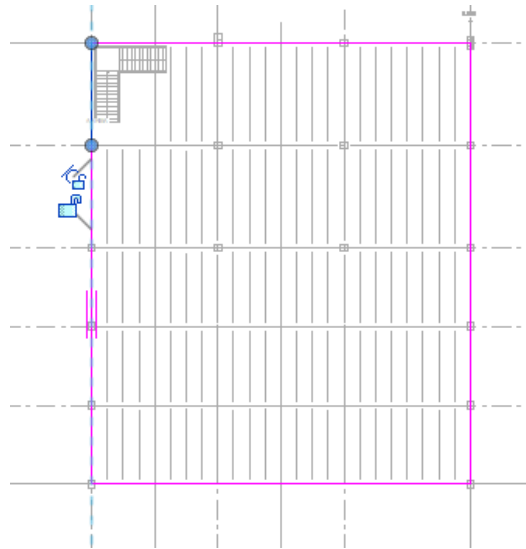


Ilustración 135. Boceto de techo en la segunda planta
Fuente: elaboración propia

El techo se va a situar a una altura de cota de 2,60 m sobre el suelo. De esta forma quedarían 40 cm entre el nivel techo y las vigas de celosía, espacio suficiente para poder instalar máquinas aire acondicionado y ventilación en la fase de creación y diseño de las instalaciones:

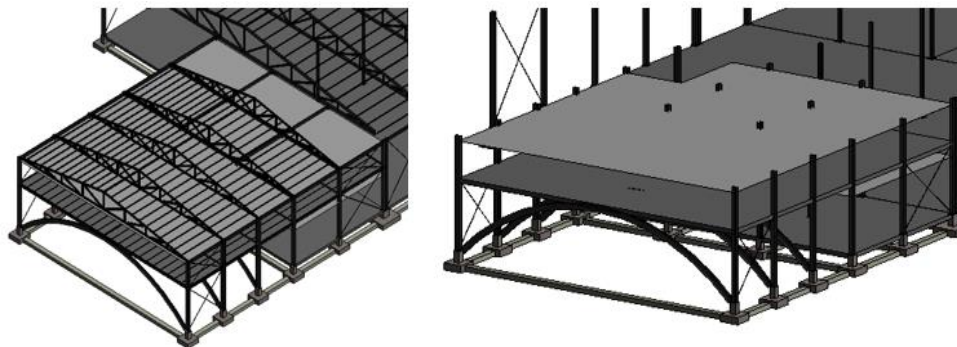


Ilustración 136. Resultado del techo en la segunda planta.
Fuente: elaboración propia

5.11. Definición de los muros exteriores. Parte I

5.11.1. Definición de la conexión entre el techo de la planta baja y el forjado de la primera planta

Si se presta atención al 3D, se notará que existe un desfase entre el techo y el forjado para el suelo de la primera planta. Este desfase es necesario ya que en el espacio vacío existente se ubicarán las máquinas de aire acondicionado, luminarias,

cableado (tanto eléctrico como de red) y los elementos de fontanería y tuberías. En la Ilustración 137 se puede ver este desfase marcado por una flecha naranja:

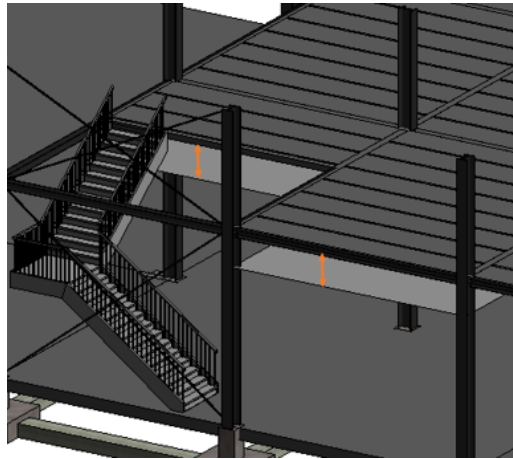


Ilustración 137. Desfase entre techo y forjado de la primera planta.
Fuente: elaboración propia

Esta conexión se va a proponer en el proyecto con la inserción de un muro. Sin embargo, debido a la plantilla de trabajo que se está utilizando (plantilla estructural), no va a ser posible la inserción de elementos de carácter arquitectónico.

5.12. Migración de plantilla estructural a plantilla arquitectónica

Las plantillas de proyecto son el punto de partida para los proyectos realizados en BIM. Las plantillas incluyen información relevante que facilita el trabajo y que facilita el trabajo (sistemas constructivos, elementos de fontanería, elementos estructurales, etc.).

De forma predeterminada, el software Revit ofrece cuatro posibles plantillas de proyecto:

- ✓ Plantilla arquitectónica
- ✓ Plantilla de construcción
- ✓ Plantilla estructural
- ✓ Plantilla mecánica

Tal y como está definido el proyecto, se tiene que hacer una migración de una plantilla estructural (definida al inicio del proyecto) a una plantilla arquitectónica a fin

de poder introducir en el proyecto diferentes tipos de elementos (muros, familias de componentes de fontanería, etc.).

En primer lugar lo que se ha da de hacer es disponer de un archivo nuevo en el que la interfaz de trabajo esté definida bajo la plantilla arquitectónica:

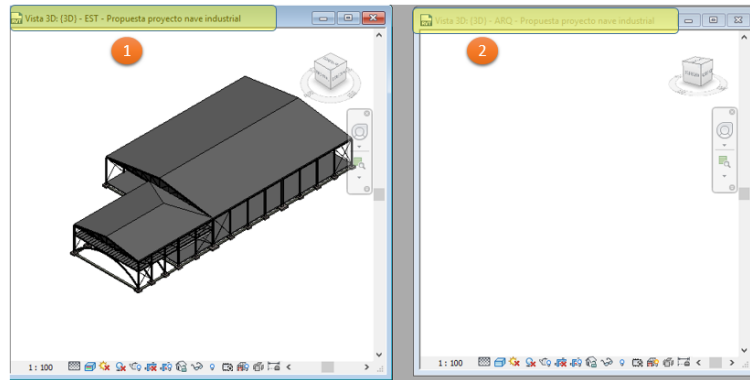


Ilustración 138. Ventanas de trabajo.
Fuente: elaboración propia

Prestando atención a los títulos de los archivos, se va a trabajar con:

- 1) **EST - Propuesta proyecto nave industrial:** EST se refiere a que es el archivo que se ha utilizado para crear la estructura.
- 2) **ARQ - Propuesta proyecto nave industrial:** ARQ hace referencia a la plantilla arquitectónica que se va a usar para definir los aspectos estéticos del proyecto

El proceso de paso de una plantilla a otra se hace importando los elementos. Así, en primer lugar, lo que se realiza es la agrupación de todos los elementos originales bajo un mismo grupo. Esto se realiza de la siguiente forma:

- 1) Se seleccionan todos los elementos que componen el modelo estructural utilizado:

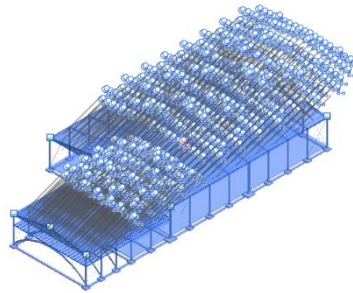


Ilustración 139. Selección de todos los elementos.
Fuente: elaboración propia

- 2) Se crea un grupo. Para crear un grupo, se tiene que buscar el botón en el menú *Modificar* → *Crear* → *Crear grupo*.



Ilustración 140. Botón crear grupo.
Fuente: elaboración propia

El resultado del grupo creado aparecerá en la ventana del *Navegador de proyectos*:

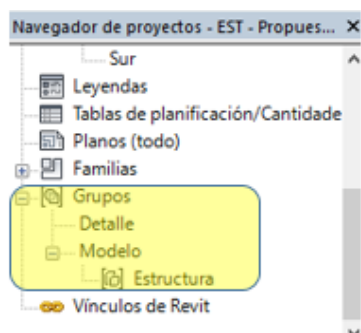


Ilustración 141. Grupo creado en el Navegador de Proyectos.
Fuente: elaboración propia

El grupo creado contiene a todos los elementos de la estructura:

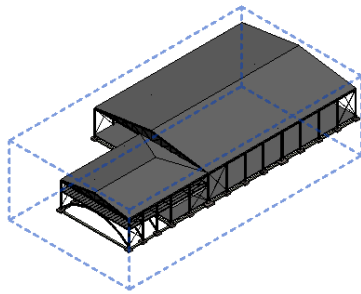


Ilustración 142. Todos los elementos del modelo bajo el mismo grupo.
Fuente: elaboración propia

- 3) Se tiene que otorgar al grupo la capacidad de ser un elemento vinculable en otro. Es decir, que se puedan exportar características y elementos. Para ello, seleccionando el modelo, en la pestaña *Modificar*, se selecciona en el botón *vincular*. Se creará entonces un archivo en el directorio deseado.

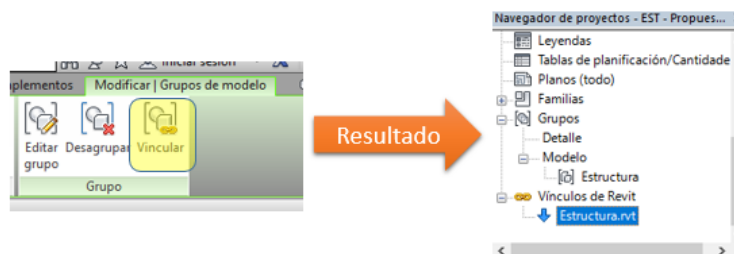


Ilustración 143. Botón vincular y resultado.
Fuente: elaboración propia

- 4) En este punto se importa el modelo creado en la plantilla estructura a la plantilla arquitectónica. Para ello, en primer lugar, se tiene que seleccionar el botón *Vincular Revit* que se encuentra en la pestaña *Insertar* y se localiza en el directorio el archivo que se ha creado en el paso anterior. El modelo se insertará como un vínculo:

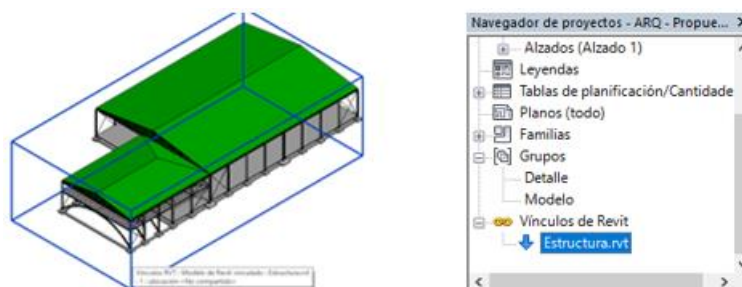


Ilustración 144. Inserción del modelo como un vínculo.
Fuente: elaboración propia

- 5) En este punto, la estructura está dentro de un nuevo archivo pero es dependiente, aún, del archivo original. Para ello se tiene que generar un modelo en el nuevo proyecto a partir del vínculo anterior. Para ello, una vez se selecciona el modelo vinculado, en la pestaña *Modificar*, se va a seleccionar *Enlazar vínculo*. Con esta opción los elementos que conforman el vínculo pasarán a formar un grupo:



Ilustración 145. Conversión de vínculo a grupo en modelo.
Fuente: elaboración propia

Hay que ignorar los errores que aparecen.

- 6) Para poder trabajar elemento a elemento, se tiene que deshacer la agrupación de los elementos. Para ello, se selecciona el botón *Desagrupa*, en la pestaña *Modificar* una vez se ha seleccionado el grupo:



Ilustración 146. Resolución de la desunión de elementos.
Fuente: elaboración propia

Finalmente, el resultado obtenido será tal y como muestra la Ilustración 147:

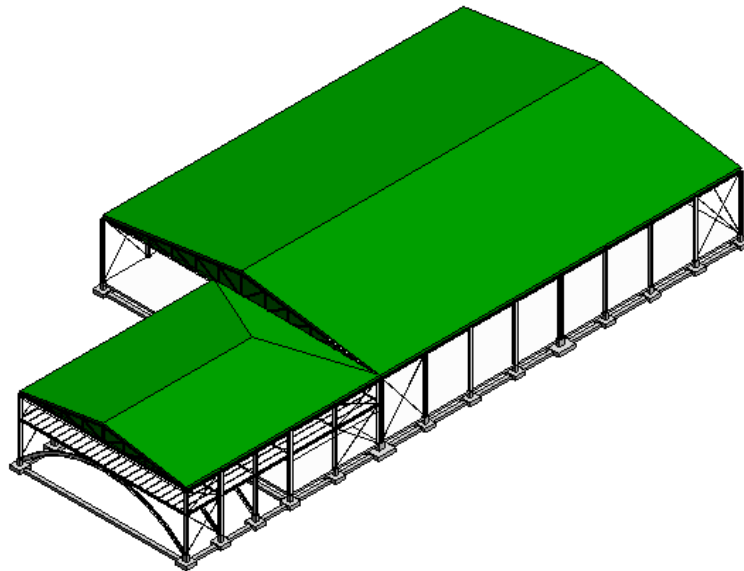


Ilustración 147. Resultado del paso de plantilla estructural a plantilla arquitectónica.
Fuente: elaboración propia

Por ejemplo, con el paso de plantilla estructural a plantilla arquitectónica la variedad de elementos que se pueden introducir ha variado. Si se presta atención a la familia Muros, por ejemplo:

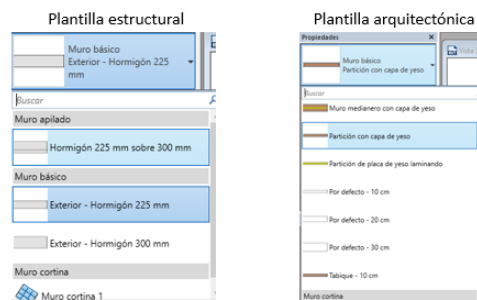


Ilustración 148. Cambio en los elementos de las familias.
Fuente: elaboración propia

5.13. Definición de los muros exteriores. Parte II

Se comienza introduciendo los muros en la fachada izquierda de la zona de oficinas. Es necesario realizar la construcción de dos paños:

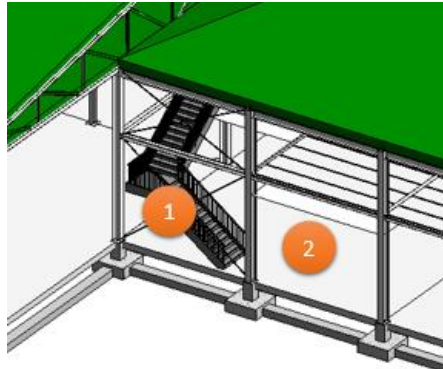


Ilustración 149. Paneles que conforman la fachada izquierda.
Fuente: elaboración propia

Así, se va a disponer de una cristalera (muro cortina) en el panel 1, y de un muro como tal en el segundo.

5.13.1. Inserción de muro cortina

Para insertar un muro cortina en el proyecto, se tiene que trabajar desde una vista de planta. Por definición, un muro cortina es cualquier muro exterior enlazado a la estructura del edificio y que no dirige las cargas del suelo o de la cubierta del edificio.

En el uso habitual, los muros cortina se suelen definir como muros delgados, normalmente muros con marcos de aluminio que contienen rellenos de cristal, paneles metálicos o piedra (Autodesk HELP, 2017).

Para insertar el muro, se debe que pulsar el botón *Muro* que se encuentra en la pestaña *Arquitectura*.

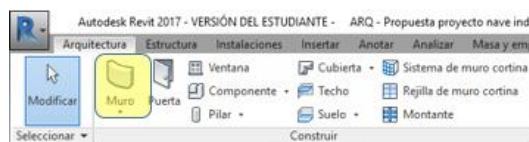


Ilustración 150. Botón para insertar Muros en el proyecto.
Fuente: elaboración propia

Una vez se ha seleccionado el muro, hay que elegir entre los diferentes tipos de muros que ofrece el programa el deseado. Como se va a insertar un muro cortina, se va a buscar aquellos que se encuentren bajo esta definición:



Ilustración 151. Selección de muro cortina.
Fuente: elaboración propia

Posteriormente, para introducir el muro se marca o localiza el punto de inicio y final. El resultado será, entonces:

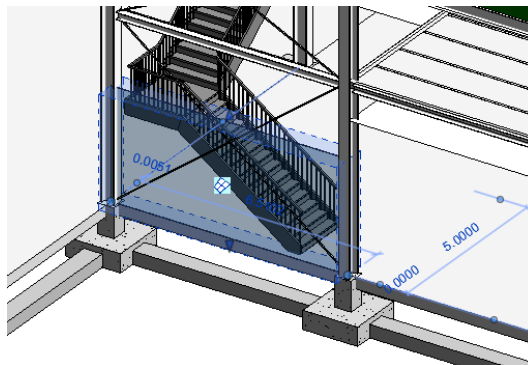


Ilustración 152. Resultado tras insertar el muro cortina.
Fuente: elaboración propia

La solución dada por el Revit puede ser válida. Sin embargo, para el proyecto con el que se está trabajando, se desea que el muro abarque todo el panel. Para modificar los límites superiores e inferiores del elemento se va a trabajar con la ventana propiedades. En ella, se definirá la restricción superior y un desfase si lo hubiera. Para el proyecto que se plantea, el tamaño vendrá restringido por la altura del nivel *Pilares – Dintel*. Así, el resultado gráfico es:

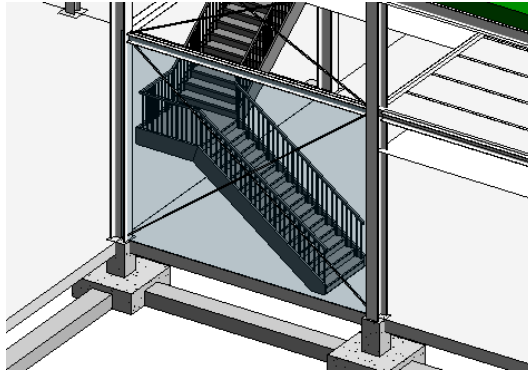


Ilustración 153. Muro cortina restringido en altura.
Fuente: elaboración propia

En este punto se definen los paneles que van a conformar el proyecto. Se van a disponer tres paneles de iguales dimensiones. Los paneles van a ser todos del mismo tamaño.

Lo primero que se hace es crear una rejilla en el muro cortina. Para ello se trabajará con el botón *Rejilla de muro cortina*. De esta forma, el muro se dividirá en tantos paneles como se quieran. Además se podrá definir diferentes dimensiones para cada panel.

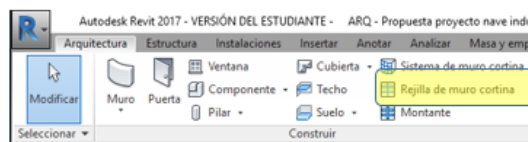


Ilustración 154. Botón para crear rejilla en el muro cortina.
Fuente: elaboración propia

Como resultado, aparecerán en el elemento diferentes líneas. Cada una de ellas representa una separación entre paneles. En la siguiente imagen, están resaltadas en color naranja:

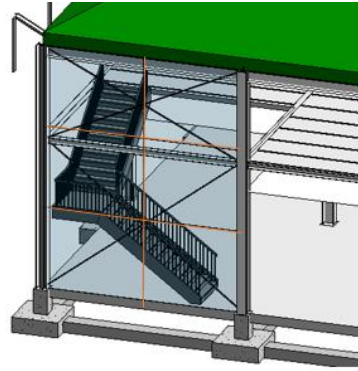


Ilustración 155. Disposición de las líneas de rejilla en el muro cortina.
Fuente: elaboración propia

En este momento se hace necesario el insertar un elemento sobre el cual repose el muro cortina. Este elemento, llamado montante, se inserta mediante el botón *Montante*, que se encuentra en la pestaña *Arquitectura*.

Para insertarlos, lo que hay que hacer es hacer seleccionar la línea de rejilla en la que se dispondrá dicho perfil. Finalmente, el resultado obtenido será:

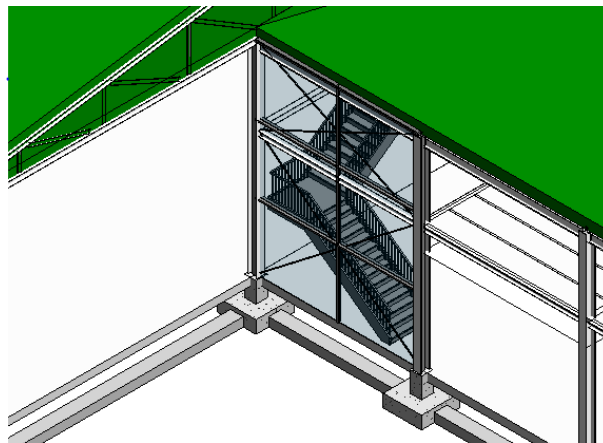


Ilustración 156. Resultado de insertar montantes.
Fuente: elaboración propia

En este momento entra en acción una de las ventajas que permiten que la tecnología BIM se esté posicionando como una mejor alternativa de cara al proceso de diseño tradicional. En el proyecto existe una interferencia entre el muro cortina pegado y una viga. En este punto se eliminará la viga para darle coherencia constructiva al proyecto. Se tienen que modificar además las vigas de tornapunta.

El resultado será:



Ilustración 157. Resolución de la interferencia constructiva.
Fuente: elaboración propia

5.13.2. Inserción de muro de obra

Trabajando de igual forma a como se ha realizado la inserción del muro cortina, se dispone en el modelo un muro de obra. Sin embargo, a diferencia de cómo se ha trabajado anteriormente, el muro se va a insertar en dos pasos:

- 1) Se inserta un muro que vendrá restringido por el *Suelo* en el nivel inferior y por *Primera Planta Oficinas* en lo referente al nivel superior.
- 2) El muro vendrá restringido inferior y superiormente por *Primera Planta Oficinas* y *Pilares – Dintel*, respectivamente.

Así, el resultado tras insertar ambos elementos el resultado será:

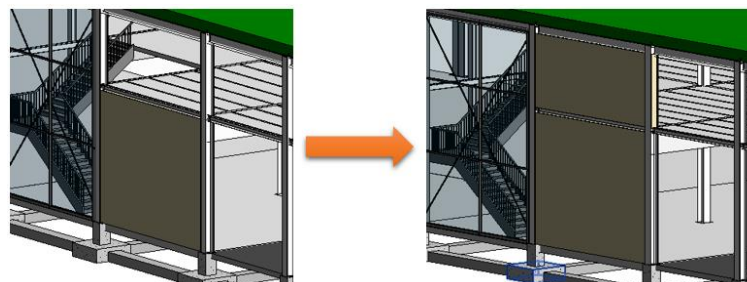


Ilustración 158. Inserción del muro en dos etapas.
Fuente: elaboración propia

Se continua con la inserción de los diferentes muros que van a conformar el proyecto. Se van a introducir muros cortina a fin de crear cristaleras y muros de obra. El resultado será para las fachadas laterales entonces:

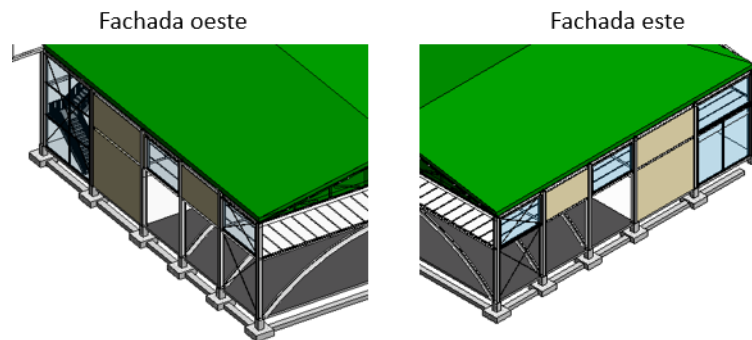


Ilustración 159. Muros en las fachadas laterales.
Fuente: elaboración propia

Para la fachada delantera, se va a introducir una columna en mitad de la fachada. De esta forma dividimos el paño en dos y se otorga rigidez al proyecto.



Ilustración 160. Inserción de la columna y resultado de los muros en la fachada frontal.
Fuente: elaboración propia

Prosiguiendo con la elaboración del proyecto, se incluye la entrada en la zona de oficinas. Para ello se van a introducir tres paneles cortina a fin de mejorar la entrada de luz en la entrada de las oficinas.

El resultado gráfico será, entonces:

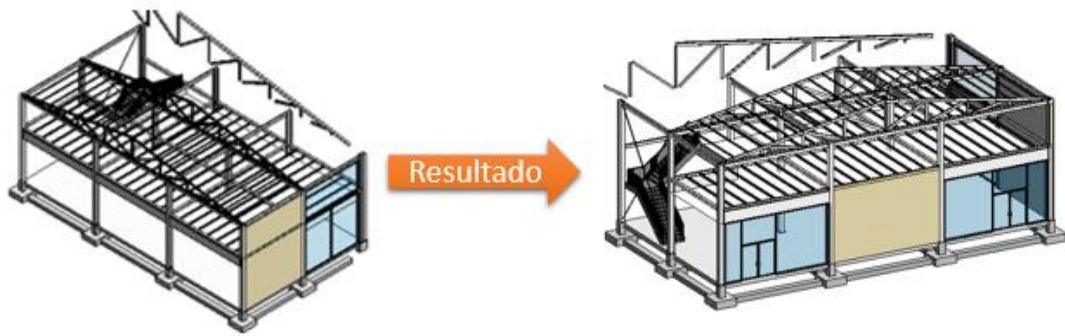


Ilustración 161. Muros insertados en la zona delantera.
Fuente: elaboración propia

Finalmente, tras insertar todos los muros para la zona de oficinas del proyecto, el resultado va a ser:

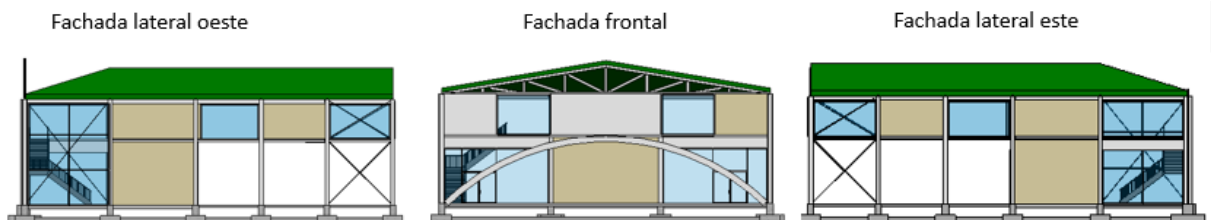


Ilustración 162. Resultado de inserción de los muros exteriores en la zona de oficinas.
Fuente: elaboración propia

5.14. Propuesta de distribución de espacios y mobiliario en zona de oficinas

En la planta baja de la zona de oficinas se va a localizar un salón de actos. El resto de la sala será un espacio diáfano que será usado para hacer pequeñas exposiciones de fotografía y arte relacionado con el automóvil.

Se incluirá, además, un ascensor para facilitar el acceso a la primera planta. Esto permitirá a la compañía el crear una “oficina para todo el mundo”, posibilitando que personas con movilidad reducida puedan acceder a la primera planta.

En la segunda planta se encontrarán dependencias y lugares de trabajo principales para el personal de oficina.

5.14.1. Propuesta de construcción del salón de actos

El salón de actos tendrá unas dimensiones aproximadas de 6,50 x 12 m (78 m²). El salón de actos contará con 72 asientos, distribuidos en nueve filas de ocho asientos separados entre sí por un pasillo (quedando cuatro butacas a cada lado).

El muro se diseñará de forma que no de la sensación de que se trata de una sala cerrada y hermética. Con finalidad de mejorar la entrada de luz y mantener la intención de un ambiente diáfano, como muro se combinarán tanto tabiques de ladrillo como paneles de cristal. El acceso al salón de actos vendrá dado por una puerta corredera de dos hojas.

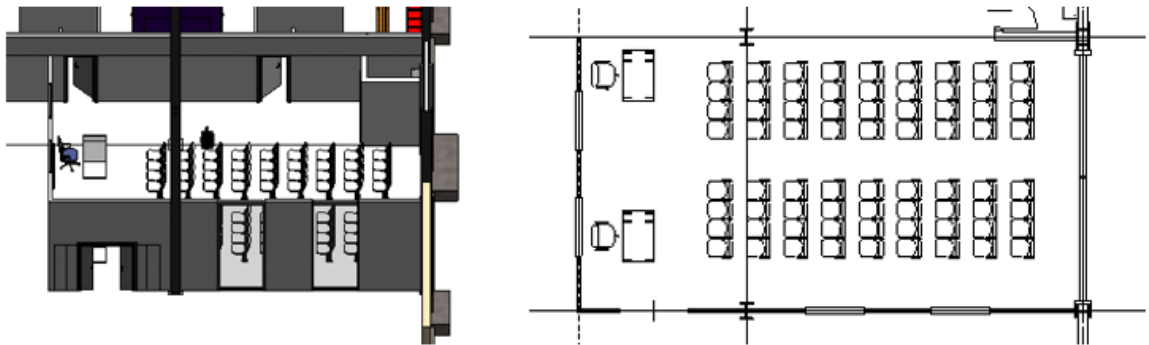


Ilustración 163. Salón de actos. Vista en 3D y en 2D.
Fuente: elaboración propia

En el salón de actos se ha introducido, entre otros elementos, un proyector y una televisión:

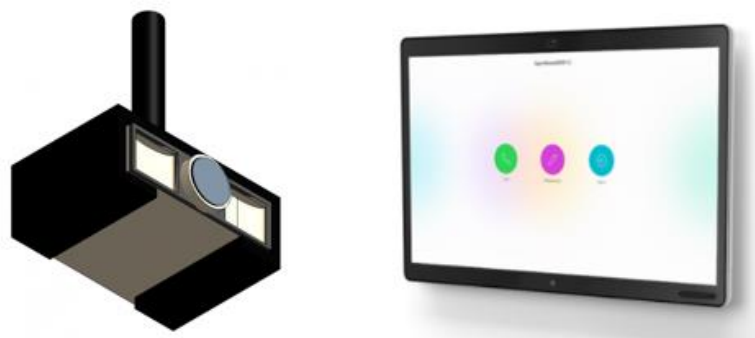


Ilustración 164. Dispositivos de imagen instalados en el salón de actos.
Fuente: elaboración propia

En estos dos objetos se muestra el potencial que brinda la tecnología BIM a la hora de disponer los elementos que completarán a una estructura.

5.14.2. Distribución de dependencias y espacios en la primera planta

En la primer planta deben localizarse la totalidad de los escritorios de la zona de oficinas que estarán repartidos en diferentes estancias, así como la ubicación de lo que será el despacho del jefe o responsable, unos aseos y un stand que permita un poco de esparcimiento y en el que puedan comer los trabajadores:

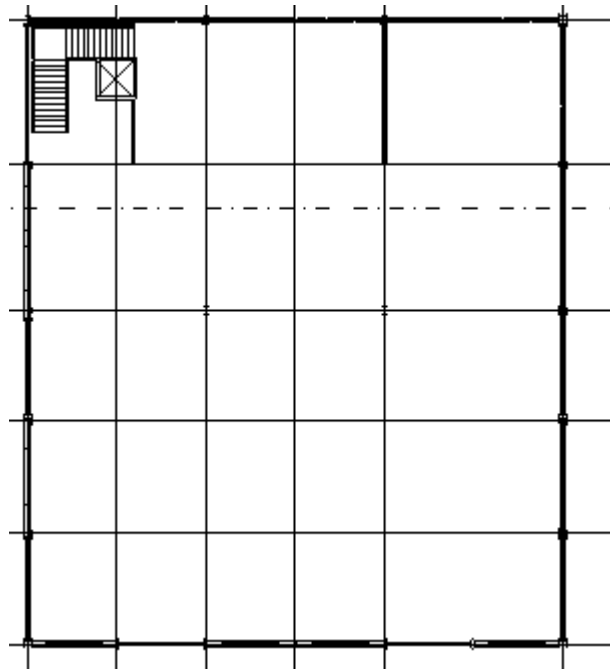


Ilustración 165. Espacio en bruto destinado a alojar a la primera planta.
Fuente: elaboración propia

En primer lugar se construye y localiza lo que sería el despacho del responsable de la empresa en la esquina superior a la derecha. Así, el despacho contaría con los muebles necesarios para realizar las tareas propias del personal de management: mesa para reuniones formales, sillón/sofá para reuniones distendidas, muebles destinados al almacenamiento de objetos y documentación, etc.

El resultado que se obtendrá entonces, con las premisas anteriores es:

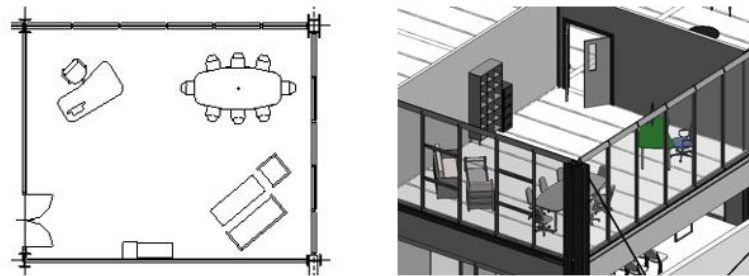


Ilustración 166. Propuesta de despacho para responsable.
Fuente: elaboración propia

Se ha dispuesto tanto en el muro que da a la calle como en el muro que da al interior de la nave un muro cortina con paneles de cristal.

Se prosigue diseñando el resto de estancias para los trabajadores que se ubicarán en la oficina.

A la salida de las escaleras o del ascensor, el visitante se encontrará con una mesa en la que se ubicará personal administrativo que hará labores de secretariado. Además se instalarán unas mesas altas para realizar en esta zona las reuniones rápidas diarias para compartir los principales problemas acaecidos en el día anterior y fijar las metas del día. En la pared se pondrán, además, unas pizarras y elementos con carteles informativos.

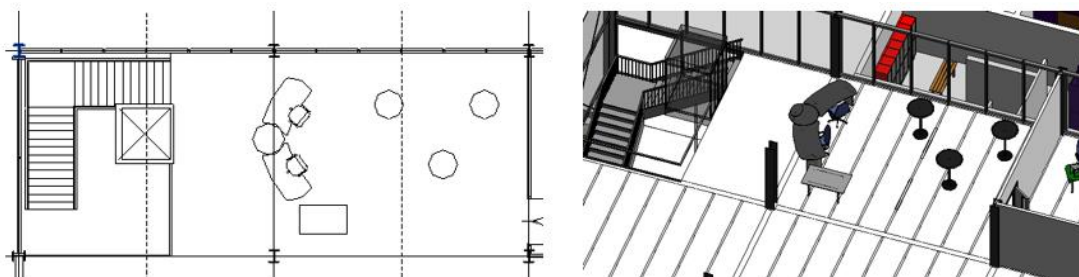


Ilustración 167. Entrada a la primera planta de la zona de oficinas y lugar para reuniones rápidas diarias.
Fuente: elaboración propia

Para la creación de los aseos de la primera planta, se van a hacer teniendo en cuenta las siguientes premisas:

- ✓ Debe instalarse un aseo independiente con fácil acceso para personas con movilidad reducida que se desplazasen con silla de ruedas. Este aseo

será mixto de cara al uso.

El aseo que se instale debe estar completo, es decir, debe tener agarradero para que el usuario pueda ayudarse y lavabo.

- ✓ El acceso al aseo para mujeres y al aseo para hombres se hará a través de una sala que será en la que se encuentre el lavabo.
- ✓ En el aseo femenino se instalarán tres inodoros.
- ✓ En el aseo masculino se instalarán dos inodoros y dos urinarios de pared con sus correspondientes mamparas.

Considerando el punto anterior, el resultado ha sido:

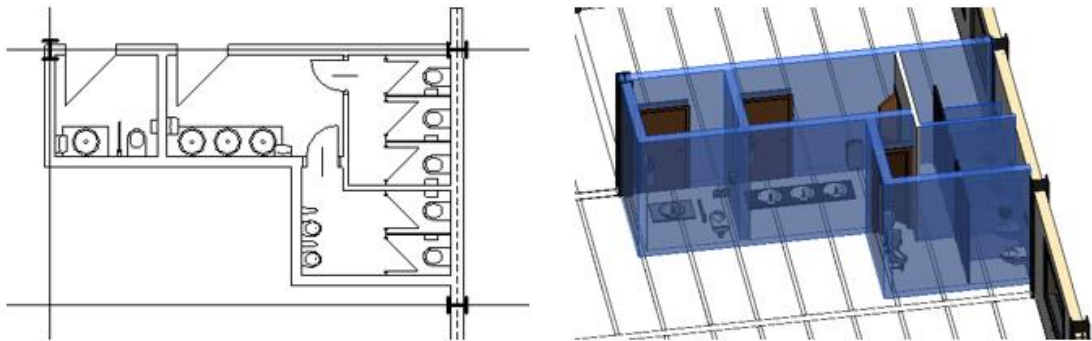


Ilustración 168. Aseos instalados en la primera planta de la zona de oficinas.
Fuente: elaboración propia

A continuación, se procede diseñando la que sería el stand de descanso de los trabajadores. Se instalarán diversas mesas así como elementos básicos para cocinar. Electrodomésticos como microondas y frigoríficos serán también propuestos en el proyecto.

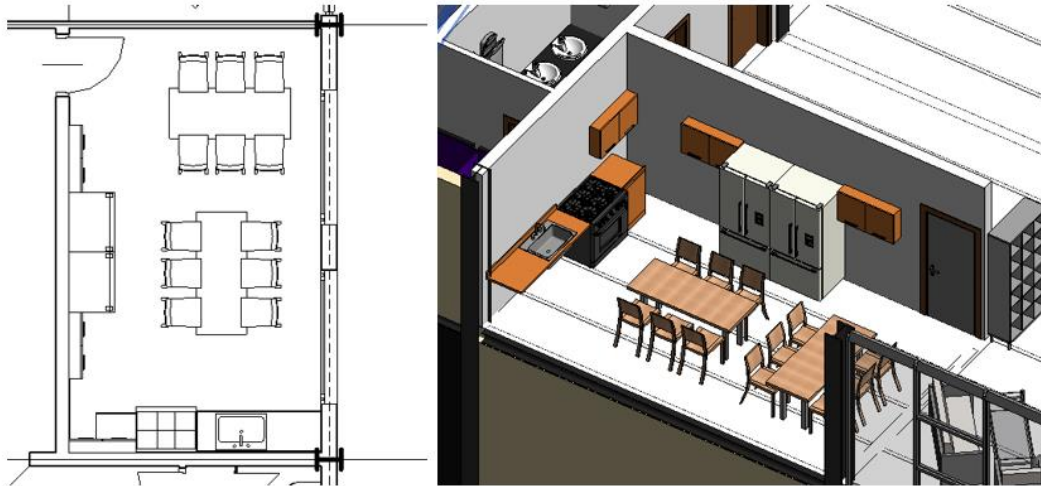


Ilustración 169. Sala de descanso habilitada.
Fuente: elaboración propia

A continuación se realiza el diseño y propuesta de ubicaciones para el resto de responsables que conformarán la empresa. En primer lugar diseñando la oficina de contabilidad en la que se controlarán los aspectos financieros de la empresa. En esta sección trabajarán cuatro personas de forma permanente (tres empleados más un responsable de la sección). Sin embargo debe existir espacio suficiente como para que, en caso de sobrecarga de trabajo, pueda sumarse una quinta persona al equipo de trabajo.

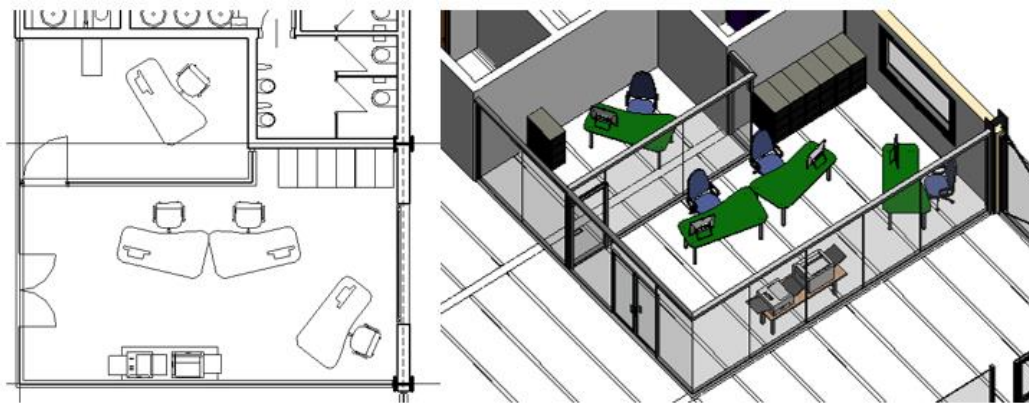


Ilustración 170. Resultado de la propuesta de distribución para el área de oficina.
Fuente: elaboración propia

A fin de disponer de un espacio diáfano y abierto que permita crear un ambiente cómodo para los trabajadores. Además, el empleo de estos muros de cristal aligera mucho la construcción.



Ilustración 171. 3D de la zona financiera.
Fuente: elaboración propia

El equipo de Recursos Humanos está conformado por dos personas principalmente. El responsable de la sección deberá tener un despacho con amplitud suficiente como para disponer en su interior de una mesa y varias sillas a fin de realizar las reuniones o entrevistas con trabajadores.

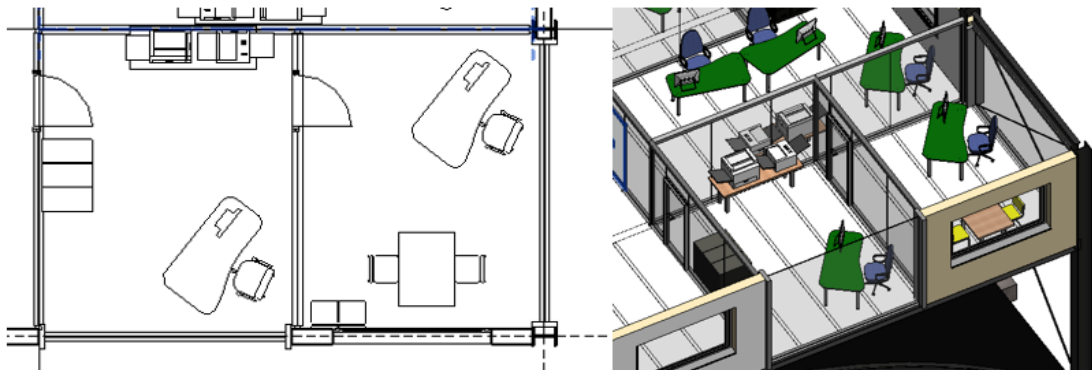


Ilustración 172. Propuesta de diseño para la sección de Recursos Humanos.
Fuente: elaboración propia

En la sala de reuniones se instalarán dos tipos de mesas a fin de facilitar las reuniones paralelas o la asistencia de hasta 16 personas. La configuración de las mesas permite la utilización de la sala y del mobiliario en diferente tipo de reuniones, como pueden ser los talleres.

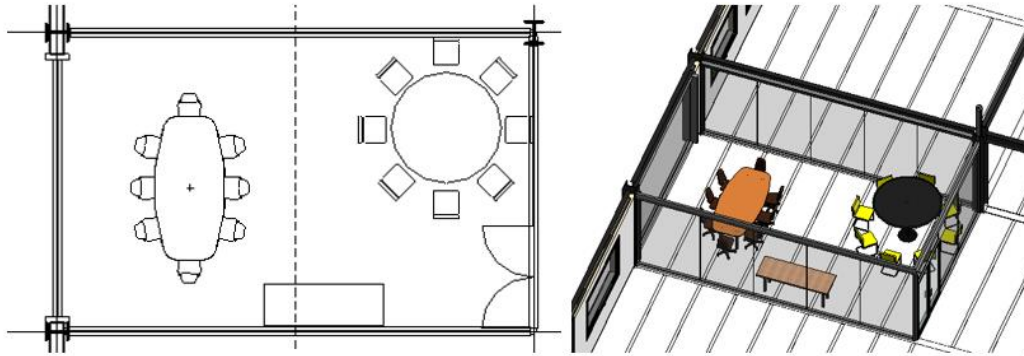


Ilustración 173. Sala de reuniones localizada en la primera planta.
Fuente: elaboración propia

La entrada a la sala de reuniones se realizará a través de una puerta de dos hojas.

La sala de espera se va a disponer a la salida de las escaleras y del ascensor, en frente de dónde se ubicará el personal de recepción.

Esta sala de espera se encontrará integrada en la oficina y no será una sala de espera como tal en una habitación cerrada.

El resultado es:



Ilustración 174. Sala de espera en la zona de oficina.
Fuente: elaboración propia

El personal de oficina se va a repartir en la superficie de la primera planta. Se creará un espacio en el que se agruparán las mesas en grupos de cuatro trabajadores. De este modo, el entorno de trabajo abarcará 20 puestos de trabajo.

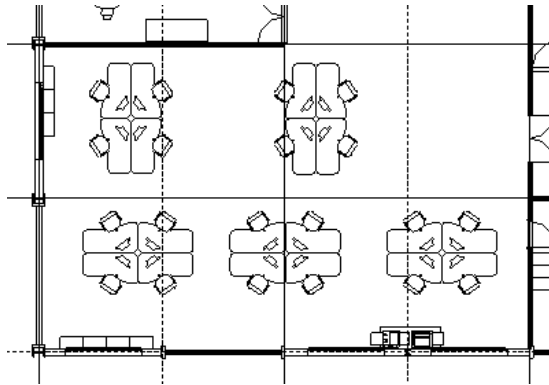


Ilustración 175. Vista de planta de la disposición de los escritorios para los trabajadores.
Fuente: elaboración propia

Finalmente, el resultado que se obtendrá en 3D para la zona de oficinas es:

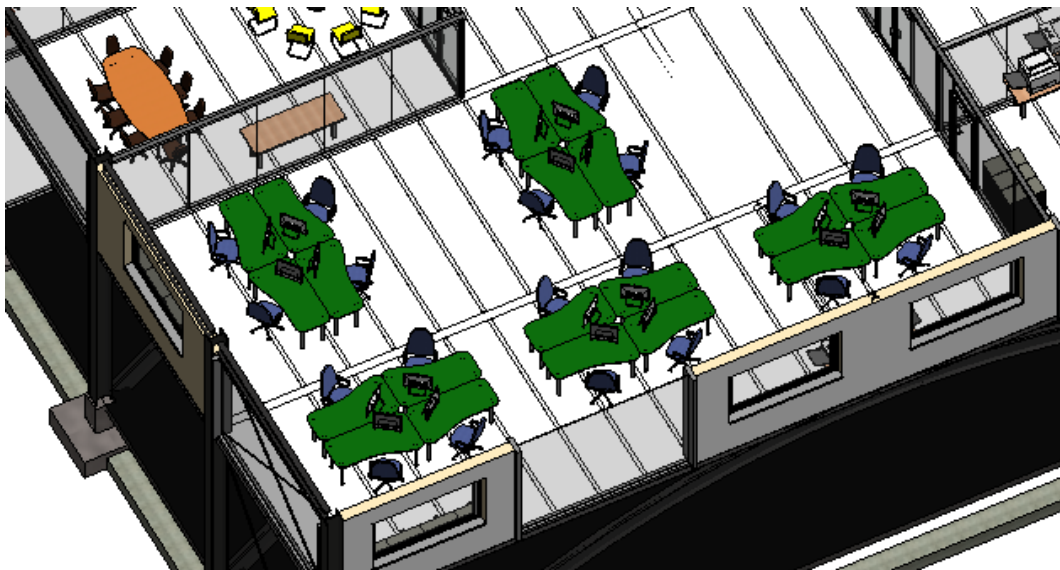


Ilustración 176. Vista en 3D de la propuesta de distribución de los puestos de trabajo.
Fuente: elaboración propia

El resultado que se obtendrá para toda la primera planta es:

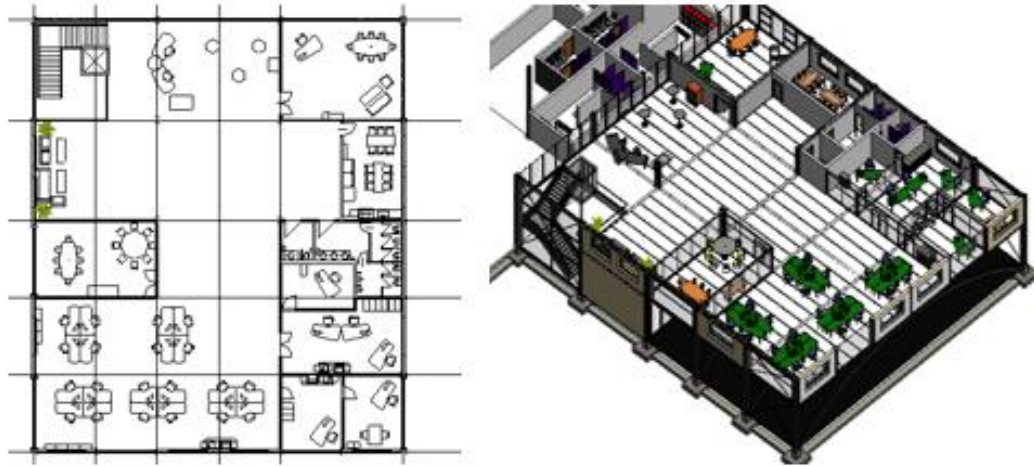


Ilustración 177. Resultado final para la propuesta de la primera planta de oficinas.
Fuente: elaboración propia

5.14.3. Introducción de elementos iluminación en la zona de oficinas

Para completar la zona de oficinas, se va a insertar una de las instalaciones básicas para el funcionamiento de una oficina como puede ser la iluminación. En este apartado el REVIT presenta nuevamente una importancia capital, ya que permite el cálculo del flujo de luz para todos los puntos de la construcción evitando que se generen zonas oscuras o con una luminosidad menor a la que se exige por normativa.

El proceso de inserción de las luminarias requiere de un techo que actuará como anfitrión sobre el cual se trabajará. Los elementos que conforman las instalaciones se encuentran en *Instalaciones* → *Electricidad* → *Luminaria*:

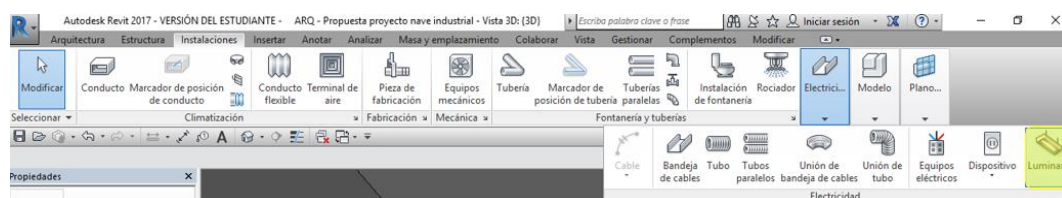


Ilustración 178. Localización del menú Luminarias.
Fuente: elaboración propia

Para insertar las luminarias conviene crear un *Plano de techo* para trabajar de forma más cómoda. Para insertar un plano de techo, la secuencia de botones que hay que pulsar es: *Vista* → *Crear* → *Plano de techo reflejado*. La siguiente captura muestra la ruta a seguir:

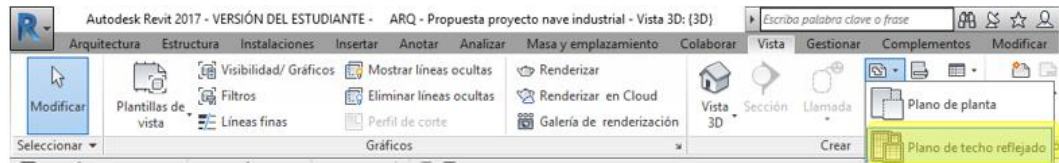


Ilustración 179. Botones para la creación de un plano de techo.

Fuente: elaboración propia

En este punto se puede comprobar como varía una vista de planta frente a una vista de techo para una misma zona. En concreto para la primera planta, ambos planos son:

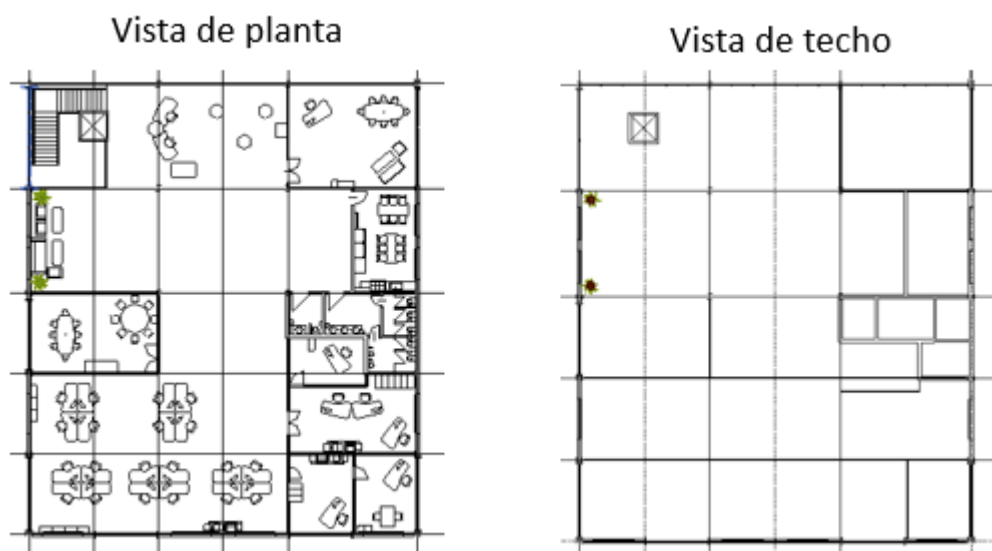


Ilustración 180. Comparativa entre plano de planta y plano de techo para la primera planta.

Fuente: elaboración propia

Para insertar las luminarias, se tiene que seleccionar primero una familia. Se encontrarán en la carpeta *Iluminación* y a continuación *Arquitectónica*. Se ha dispuesto el mismo tipo de luminarias a fin de abaratar costes.

El resultado que se tendrá finalmente es:

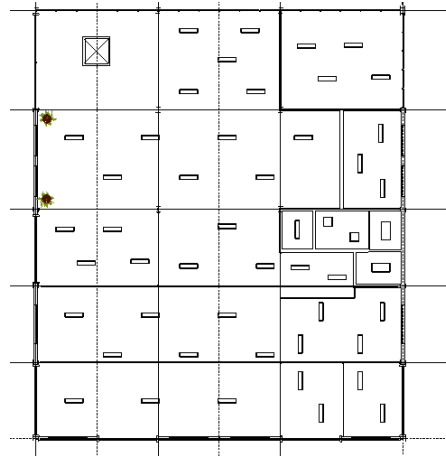


Ilustración 181. Resultado para la iluminación de la primera planta.
Fuente: elaboración propia

Si se trabaja en la vista 3D, a través del cristal de las ventanas, se puede ver el resultado final:



Ilustración 182. Vista en 3D a través de las ventanas de las luminarias.
Fuente: elaboración propia

Para hacer el análisis de la distribución de luz, es necesario instalar un plug-in del software REVIT. Este plug-in se llama Insight360 y permite la conexión y subida del modelo a la nube a fin de agilizar el análisis y cálculo de los valores. Hay que tener en cuenta que hay muchos aspectos a ser considerados en estas operaciones: geometrías, posición del edificio respecto a la luz solar, transparencia o semitransparencia de los cristales y vidrios, etc. Es por eso que se haga necesario el

apoyarse en un servidor con una mayor capacidad de cálculo para obtener estos resultados. Esto también se aplica al análisis estructural con cargas que es capaz de realizar el REVIT.

De igual modo se ha trabajado en la primera planta, se instalan luminarias en la planta inferior. Teniendo en cuenta la relación de necesidades, se han instalado más luminarias de las necesarias a fin de que, en ocasiones excepcionales, pueda conseguirse una atmósfera con más luminosidad. El resultado es:



Ilustración 183. Luminarias en planta baja.
Fuente: elaboración propia

5.15. Generación de la propuesta de distribución de espacios para la zona Taller

La zona taller es tan importante como lo es la zona de oficinas o la zona de exposición. En este espacio está previsto que trabajen 15 personas de forma permanente con la posibilidad de que en situaciones con carga de trabajo grande, se contraten hasta a cinco trabajadores más.

En el taller se podrán encontrar diferentes puestos de trabajo de mantenimiento y reparación del automóvil, una sala para realizar las tareas de reparación de chapa y pintura (anteriormente creada), una pequeña sala con equipos informáticos que les permita la generación de facturas, encargar componentes a proveedores, cursos de formación online, etc. También se dispondrá en el proyecto una sala amplia y diáfana que estará destinada a realizar labores de formación para todos aquellos nuevos trabajadores que se formaran parte de la empresa.

También se diseñará una pequeña zona de descanso en el proyecto.

5.15.1. Definición de aseos y vestuarios

Como viene planteado en el proyecto, en la zona de taller se esperan que exista una media de 15 trabajadores llegando en ocasiones de elevada carga de trabajo a los 20. El sexo de personal que hará uso de estas dependencias va a estar repartido en torno al 50%, si bien en casos excepcionales podrían darse 60-40 %. Por ello, se va a realizar el cálculo de los vestuarios para un total de 12 trabajadores. Por ello, se van a crear unos vestuarios que tendrán en torno a 20 m² en la zona de cambio de indumentaria y taquillas. En cada dependencia se desea incluir, además, tres duchas y dos lavabos.

Los vestuarios se van a localizar en el interior de la zona taller y fuera de la zona destinada a oficinas.

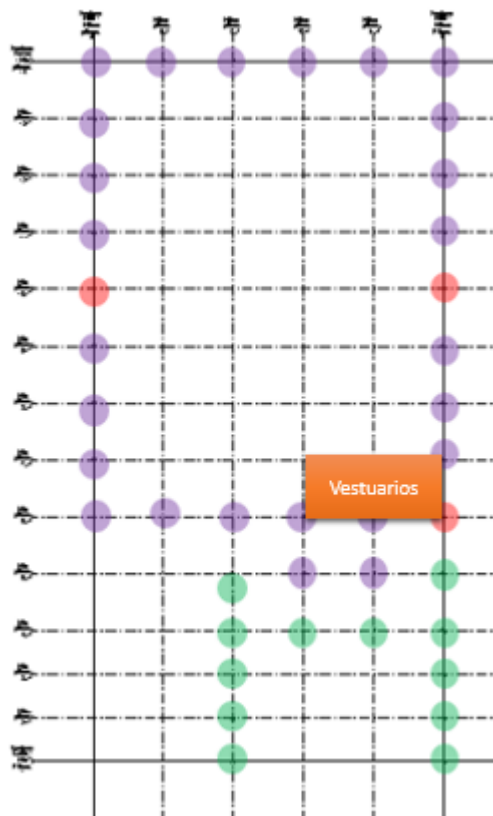


Ilustración 184. Localización de los vestuarios.
Fuente: elaboración propia

En este punto se tiene que introducir un nuevo nivel en la propuesta de boceto. Por el momento sólo existe una altura definida para la primera planta (que se sitúa a una altura de 5 m) que es la altura respecto al suelo en la que se encuentra la primera planta. Es ilógico crear una estancia como un vestuario y darle una altura de 5 metros al techo, por lo que se va a crear un nuevo nivel a 2,90 m que será el límite de construcción para la zona vestuarios. Este nuevo nivel creado se va a denominar “*Límite altura vestuarios*”.

El resultado tras la definición de las estancias va a ser:

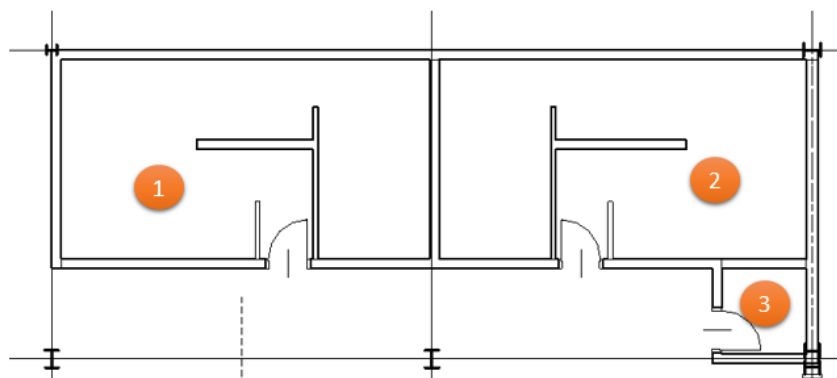


Ilustración 185. Definición de ambos vestuarios.
Fuente: elaboración propia

Se ha numerado cada estancia para facilitar su identificación:

- ✓ **Estancia 1:** estancia destinada a vestuario. Tiene un área de 29.27 m².
- ✓ **Estancia 2:** estancia destinada a vestuario y zona de aseo. Tiene un área de 29,13 m².
- ✓ **Estancia 3:** estancia destinada al almacenamiento de material de limpieza. Superficie: 3,20 m².

En este punto, introducimos los accesos (puertas) a cada una de las salas. Definimos además también la localización de las duchas y demás elementos de fontanería. Hay que tener en cuenta una lógica constructiva en el posicionamiento de todos los elementos de fontanería.

El resultado con vista desde planta, sería:

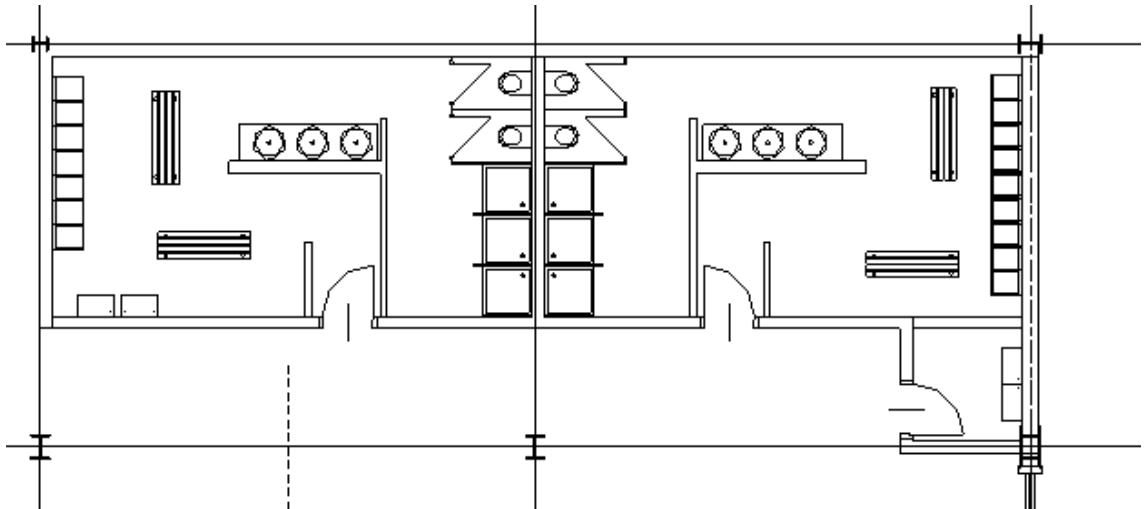


Ilustración 186. Resultado final para los vestuarios tras insertar el mobiliario y los elementos de fontanería e higiene.

Fuente: elaboración propia

La vista en 3D daría como resultado:

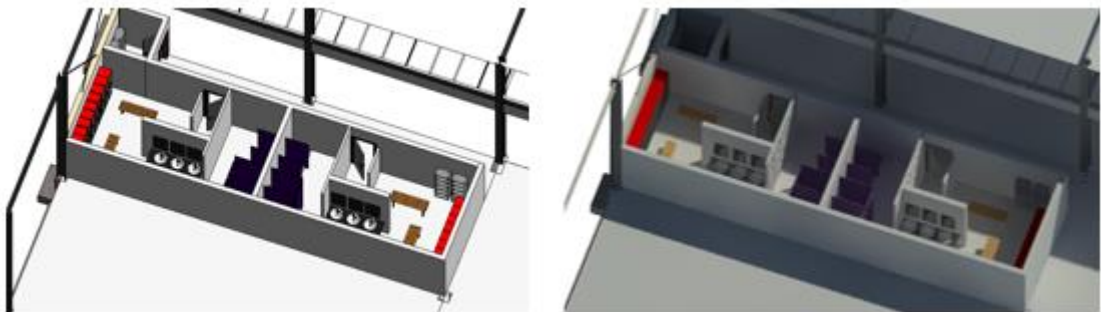


Ilustración 187. A la izquierda, resultado en 3D. A la derecha, resultado en 3D renderizado.

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la imagen superior, el Revit (o en concreto la tecnología BIM) permite el modelado en 3D de estructuras y demás elementos, otorga la posibilidad de ver el que sería el resultado final de la conjunción de todos los elementos.

5.15.2. Inserción de sala de pintura del taller

Tras crear los cuartos de baño para la zona de exposición, un pequeño espacio de la zona del taller se queda cerrado. En la construcción va a ser una sala cerrada que se va a utilizar como “sala de pintura” dentro de la servicio de atención a la carrocería que va a prestar el concesionario/taller. Junto a esta sala se encontrará una habitación en la que se almacenarán herramientas y dispositivos de control.

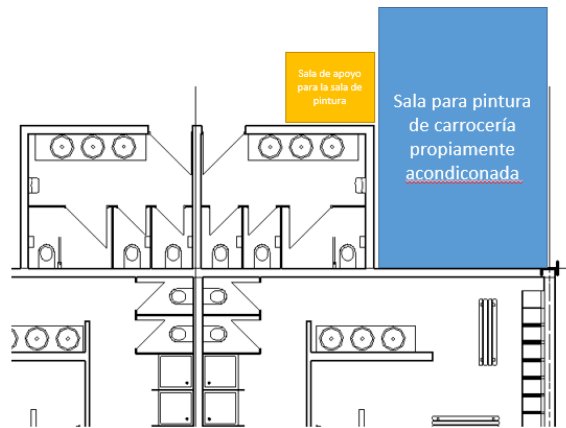


Ilustración 188. Localización de la sala de pintura.
Fuente: elaboración propia

Dado que se trata de una habitación a la que van a estar entrando y saliendo vehículos, se contempla la instalación de una puerta de grandes dimensiones. Por ello se va a instalar una puerta enrollable. Las dimensiones que va a tener dicha puerta serán de 2,90x3,50 m. Estas dimensiones se han obtenido considerando las dimensiones de un automóvil.

La altura del techo estará a 5 metros. Sin embargo se construirá un falso techo a fin de poder instalar todos los elementos del sistema de climatización y campanas extractoras para garantizar la calidad del proceso y la seguridad de cara al trabajador.

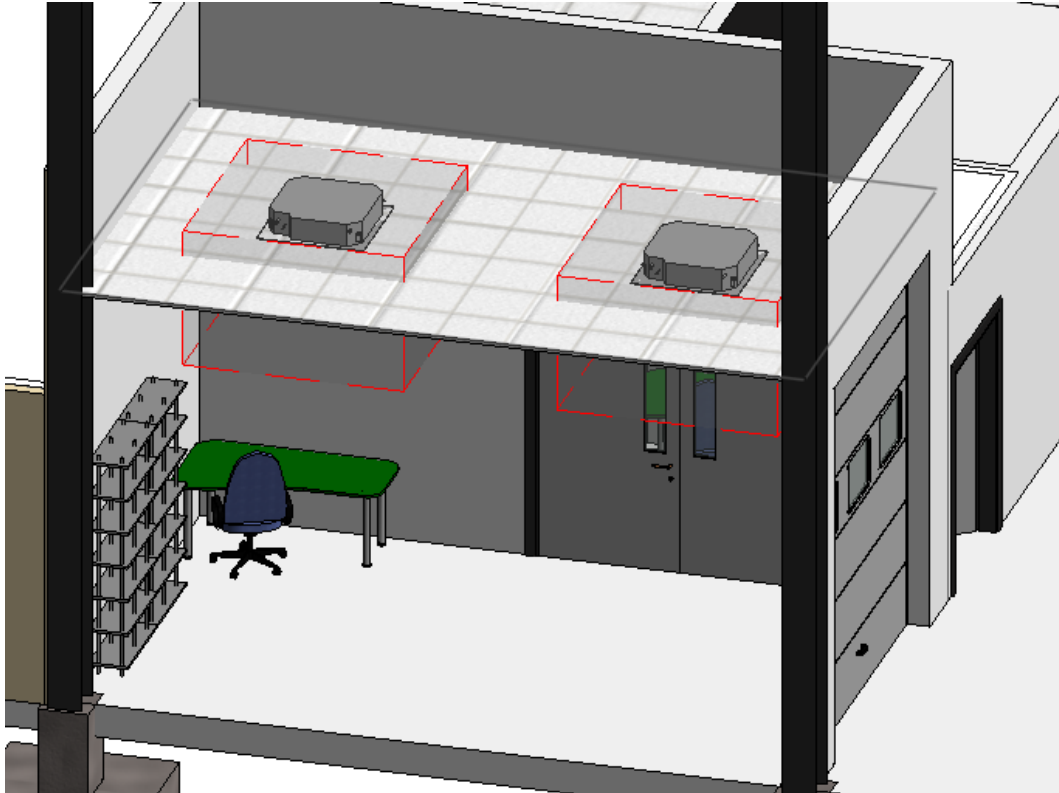


Ilustración 189. Construcción de la sala destinada a la reparación de pintura.
Fuente: elaboración propia

En la imagen en 3D se observa como se ha instalado en el falso techo dos extractores de aire con aire acondicionado tal y como requiere el proyecto. Las dimensiones de esa sala son 6,5 x 4 m (26 m²). La sala adjunta tendrá unas dimensiones de 2,3 x 3,3 (7,6 m²).

La vista en 2D con una propuesta mobiliario sería:

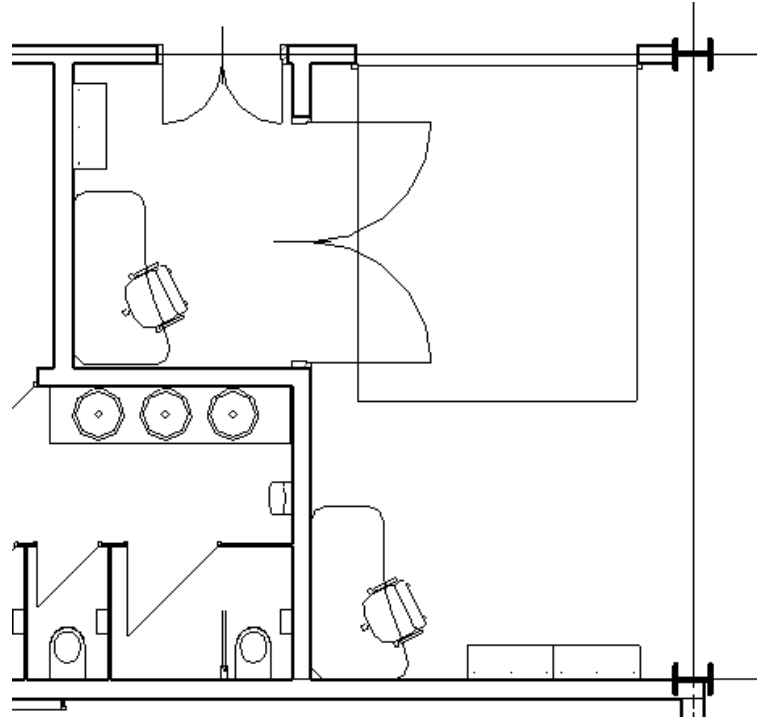


Ilustración 190. Vista en 2D de la zona de reparación de pintura.
Fuente: elaboración propia

5.15.3. Disposición de accesos a zona taller

Por tratarse de un taller mecánico, deben existir entradas amplias que permitan el paso de vehículos a través de ellas. Por ello, se va a presentar en el muro unas puertas seccionales. Se instalarán cuatro puertas con unas dimensiones estándar para vehículos utilitarios y una quinta puerta de mayor tamaño por si, en ocasiones excepcionales, debiera prestarse servicio a furgonetas o camiones de altura superior.

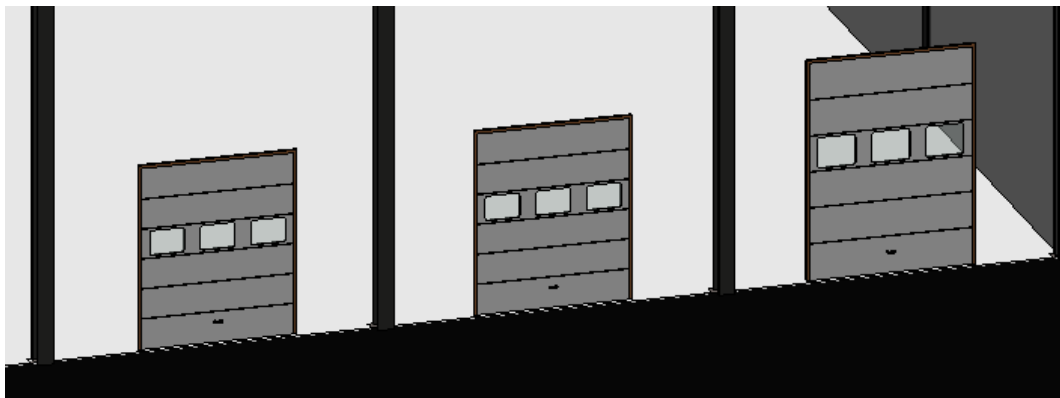


Ilustración 191. Puerta seccional instalada para la entrada de vehículos al taller.
Fuente: elaboración propia

Finalmente, el resultado queda de la siguiente forma:



Ilustración 192. Resultado final.
Fuente: elaboración propia

Se observa como la puerta en el fondo de la imagen superior tiene unas dimensiones mayores tanto en altura como en anchura.

Se deben instalar también accesos peatonales. A fin de evitar riesgos y accidentes laborales, debe evitarse que los trabajadores tengan que pasar por los mismos pasos por los que tienen que circular vehículos. Para ello, la propuesta tendrá como resultado:

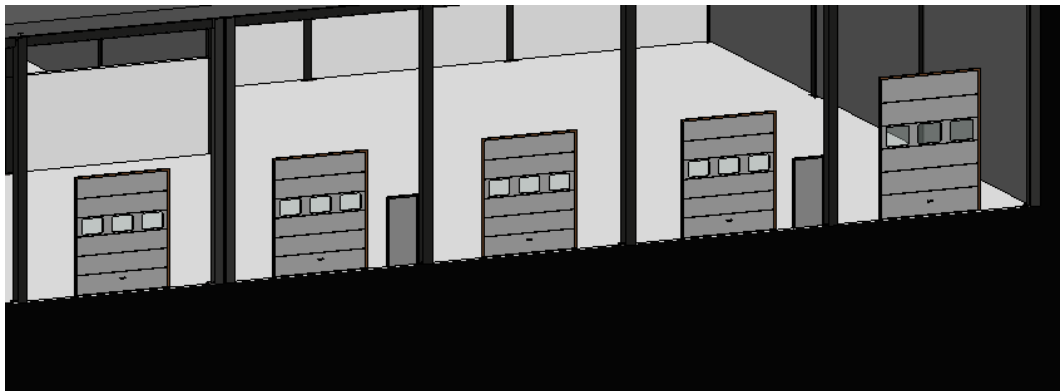


Ilustración 193. Resultado de instalación de puertas para paso de personal.
Fuente: elaboración propia

5.15.4. Diseño de estancias

Hoy en día se hace más que necesario el uso de equipos informáticos en todos los puestos de trabajo. Es por ello que se va a construir una sala con carácter de oficina dentro de la zona de taller. En esta oficina habrá cuatro puestos de trabajo, junto con muebles destinados al almacenamiento de documentación (facturas,

resguardos de pago, órdenes de trabajo, etc.). También habrá que considerar la instalación de impresora/fax.

El resultado que se obtendrá para esta habitación será:

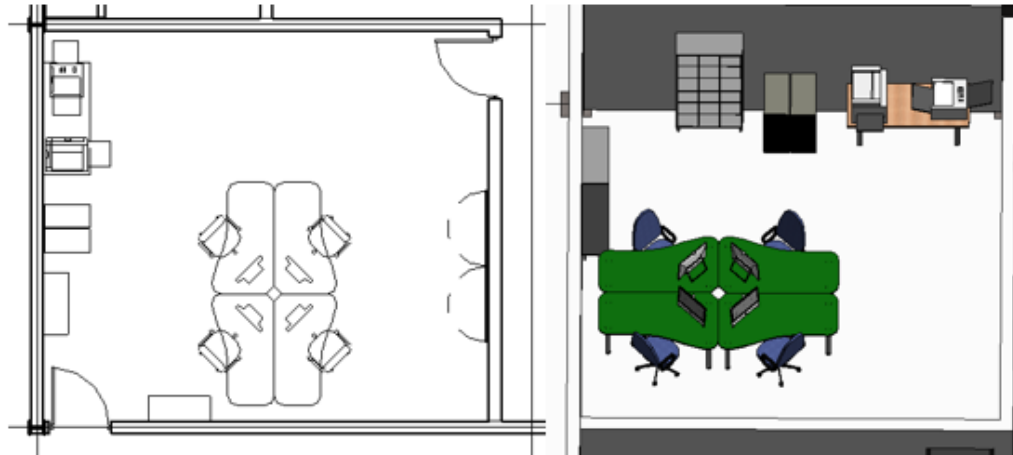


Ilustración 194. Oficina auxiliar en la zona taller.
Fuente: elaboración propia

En el proceso de creación de un entorno saludable para los trabajadores de la zona taller, se contempla el diseño y construcción de una pequeña sala que sirva para descansos cortos. Así, se crea una habitación que contendrá dos máquina de vending con mesas altas. El resultado será:

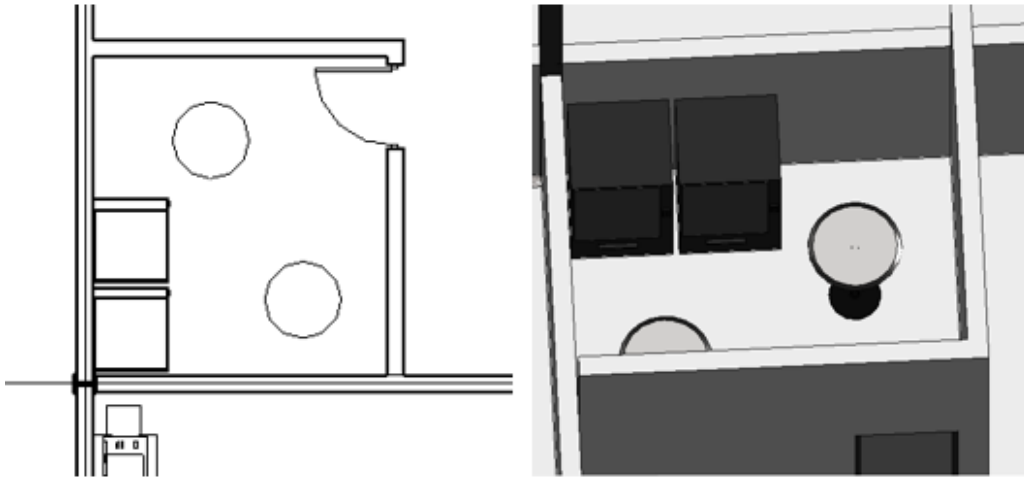


Ilustración 195. Pequeña sala de descanso en la zona taller.
Fuente: elaboración propia

5.15.5. Importación de elementos y familias

Como viene defendiéndose a lo largo de este TFG, una de las grandes posibilidades que ofrece el REVIT y la tecnología BIM, es que es posible la importación de familias que representan elementos cotidianos. A estos elementos se les pueden además incorporar en forma de metadatos diferentes propiedades como precios y tiempos de construcción que serán útiles a la hora de ejecutar diseños en 4D (en el BIM la cuarta dimensión que se puede considerar es el tiempo y las diferentes fases constructivas).

Por ello, tras una pequeña búsqueda en internet, se han encontrado elevadores de vehículos. Estos elementos encajan perfectamente en el proyecto.

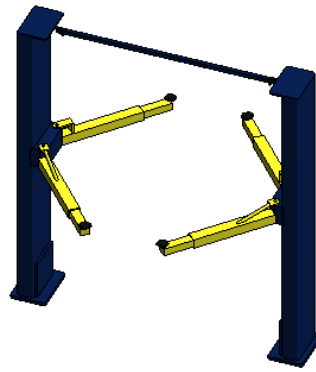


Ilustración 196. Ejemplo de familia importada.
Fuente: elaboración propia

Si se disponen los elevadores en el proyecto, el resultado que se obtendrá sería:

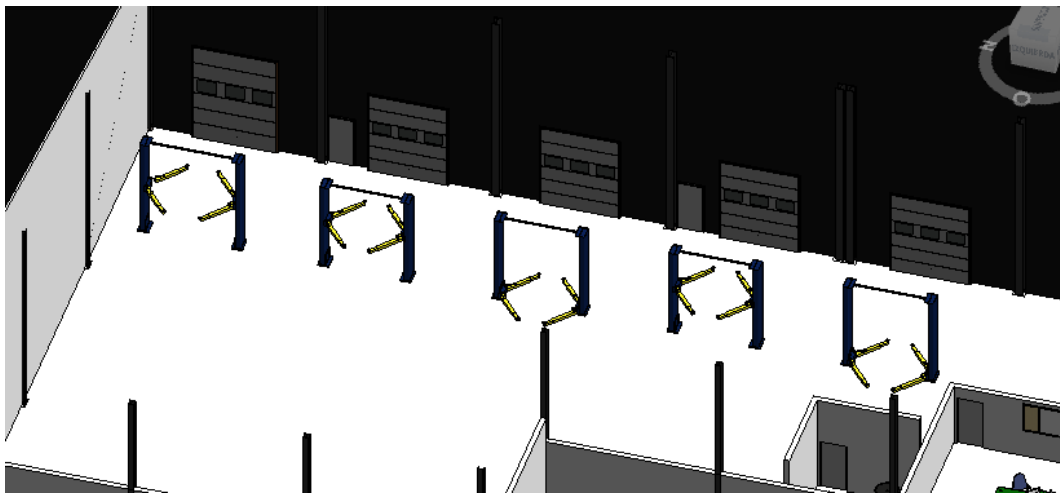


Ilustración 197. Inserción de los diferentes elevadores de vehículos en el proyecto.
Fuente: elaboración propia

Si se presta atención a la Ilustración 197, se puede ver como el montavehículos que se encuentra más a la izquierda tiene unas mayores dimensiones. Esto se debe a que, como se ha comentado anteriormente, las instalaciones deben estar preparadas para acoger vehículos de grandes dimensiones.

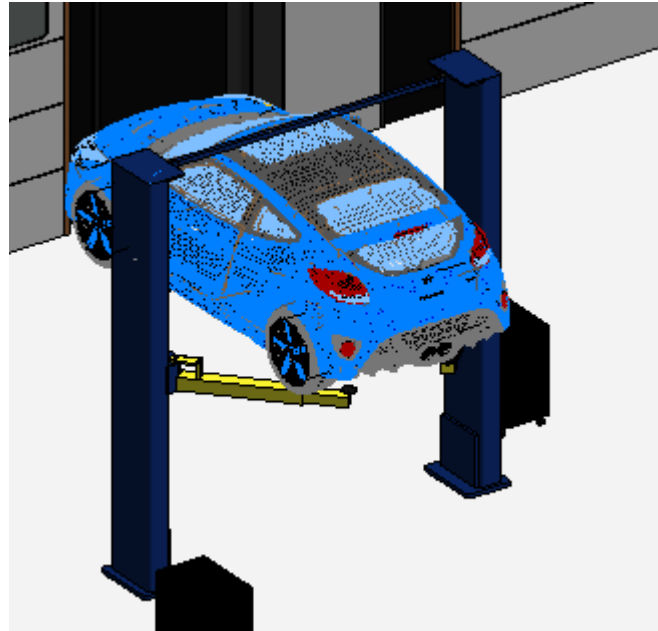


Ilustración 198. Vehículo sobre elevador.
Fuente elaboración propia

Finalmente, el resultado de insertar todos los elementos que posiblemente se encontrarán en esta área es:

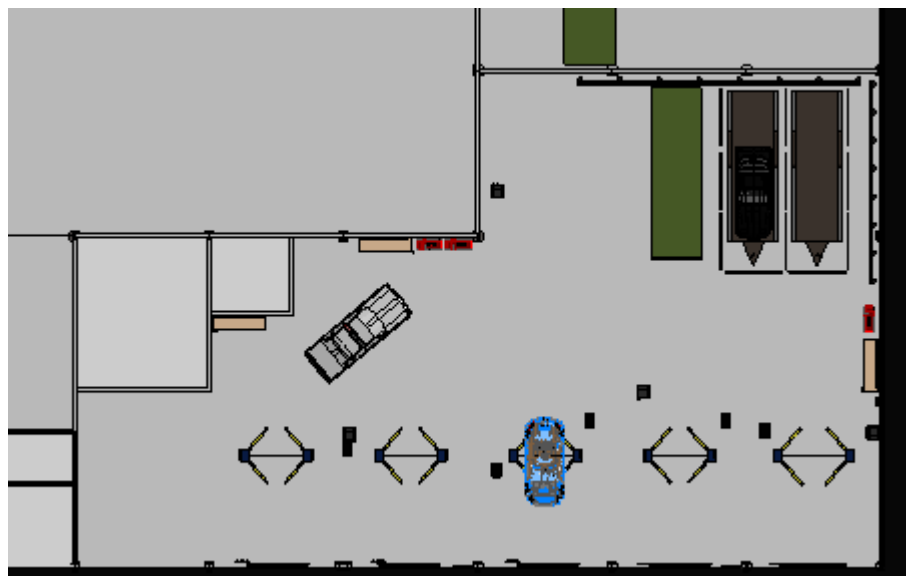


Ilustración 199. Vista de planta de la zona del taller.
Fuente: elaboración propia

Si se analizan los diferentes elementos que se pueden encontrar en el proyecto, se ve que destacan algunos destinados a mejorar la seguridad de las instalaciones:

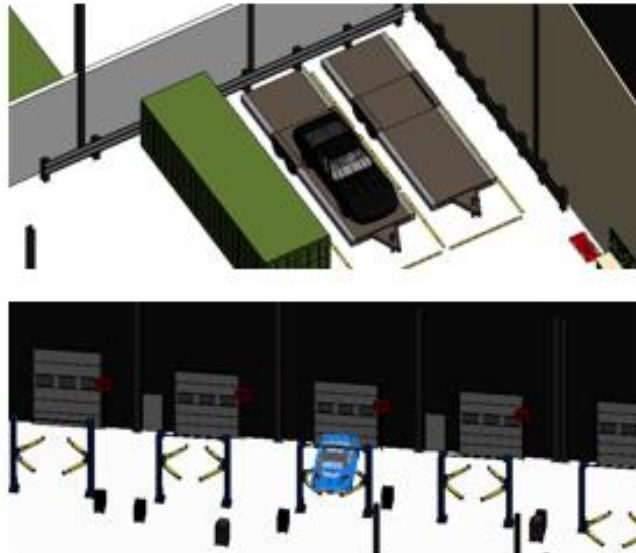


Ilustración 200. Protecciones de acero en los muros (arriba) y señales de stop a la salida (abajo).
Fuente: elaboración propia

Para el almacenamiento de herramientas, equipos electrónicos y demás elementos de valor, se va a instalar como sala de almacenamiento un contenedor de los usados en el transporte de mercancías. Este elemento además otorga una protección entra a los elementos en caso de incendio.

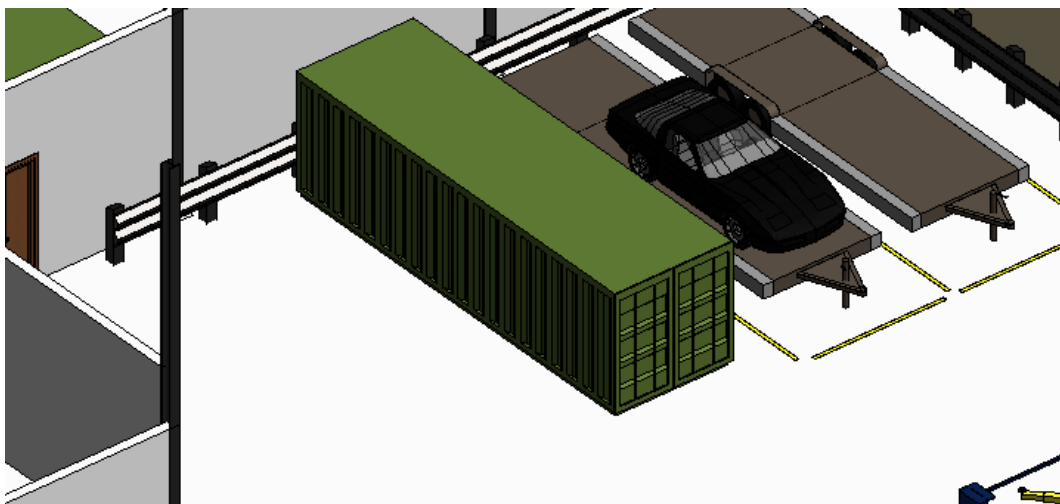


Ilustración 201. Contenedor destinado al almacenamiento de elementos de valor.
Fuente: elaboración propia

Se ha realizado la construcción de una puerta de grandes dimensiones (2,20 x 2,40 metros) que comunica el Almacén de repuestos y componentes con la sala taller para el transporte diario de mercancías. El tipo de puerta utilizado ha sido corredera:

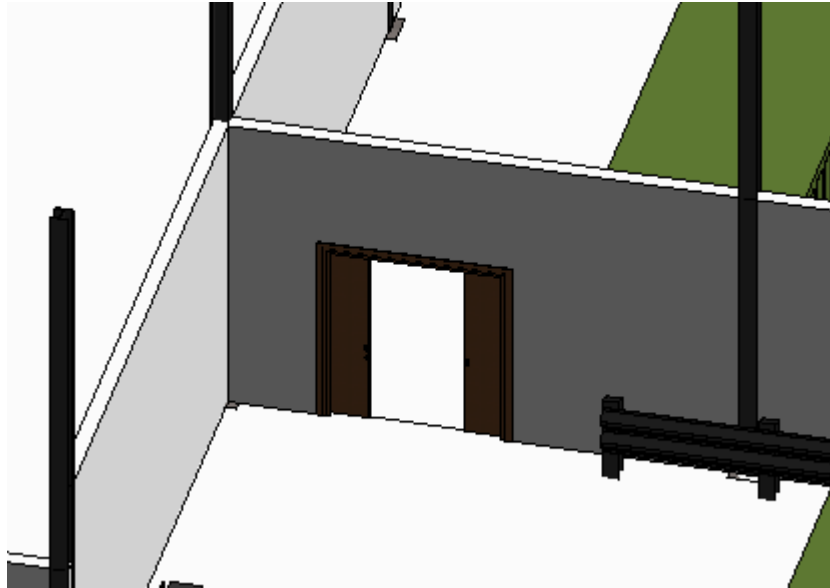


Ilustración 202. Puerta corredera que comunica Almacén - Taller.
Fuente: elaboración propia

5.16. Planificación del espacio y características en el Almacén

El Almacén es un área que se va a localizar al fondo de la nave. Tendrá unas dimensiones de 19 x 16 m². La finalidad a la que está destinada es la de almacenar y servir de centro de distribución para talleres de la provincia de los repuestos originales y demás elementos de la firma.

5.16.1. Accesos y comunicación del Almacén con el resto de áreas

Van a instalarse accesos para comunicar el Almacén con la zona de exposición y con el taller. Estos accesos serán puertas correderas de dos hojas. Se tiene que incluir en el muro una puerta de grandes dimensiones para permitir el paso de carretillas eléctricas y de mercancía de grandes dimensiones. Para ello, se va a instalar una puerta practicable de 4 x 4,20 m en el muro oeste de la construcción.

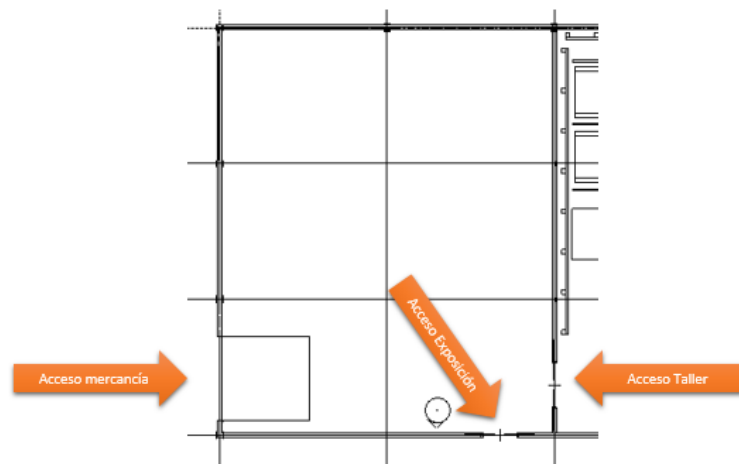


Ilustración 203. Accesos y comunicaciones del Almacén con el resto de áreas.
Fuente: elaboración propia

5.16.2. Planteamiento del sistema de almacén

El Almacén va a utilizar contenedores para almacenar los productos de forma independiente y evitar problemas y confusiones en el stock. Por ello, se van a instalar 10 contenedores en dos alturas (cinco a nivel de suelo teniendo cada uno de ellos otro encima). Los contenedores que se van a instalar son del mismo tipo que en el taller. Se tratan de contenedores estándar de 20 ft de longitud (6,10 x 2,44 m).

El resultado que se obtendrá tanto en 2D como en vista tridimensional:

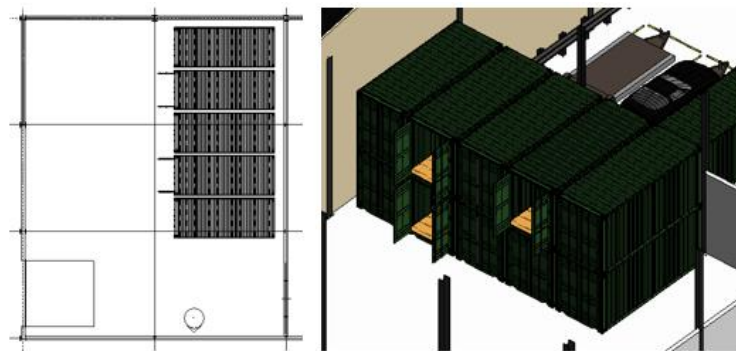


Ilustración 204. Contenedores para el almacenaje del material.
Fuente: elaboración propia

En este caso el REVIT permite representar el elemento tanto con las puertas abiertas como cerradas, con lo que la posibilidad de encontrar interferencias es mayor.

Para posibilitar al personal laboral acceder al segundo nivel, se va a crear una pequeña estructura. Se va a tratar de una estructura muy simple formada por vigas y pilares de acero. Éstos no tendrán un tamaño muy grande, ya que no tiene sentido el alojar los elementos más pesados en los niveles superiores (riesgo de caídas y daños por manipulación, necesidad de instalación de grúas, etc.). De esta forma el resultado que se obtendrá para la estructura es:

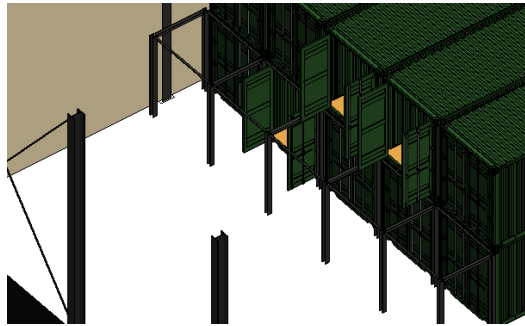


Ilustración 205. Estructura para el acceso al segundo nivel.
Fuente: elaboración propia

Es muy importante comprobar si existe alguna colisión entre la estructura y el paso de la puerta en el momento de abrirse. Gracias al 3D se puede comprobar si existe colisión:

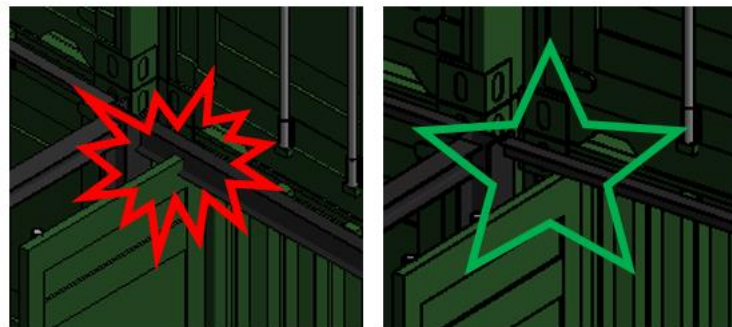


Ilustración 206. Detección de colisión y resolución del problema.
Fuente: elaboración propia

Si se continúan introduciendo en el proyecto una escalera en L para el acceso a la segunda planta, la barandilla para evitar la caída tanto la caída de personal como de material y el suelo, que será una planta de acero, el resultado que se obtendrá será:

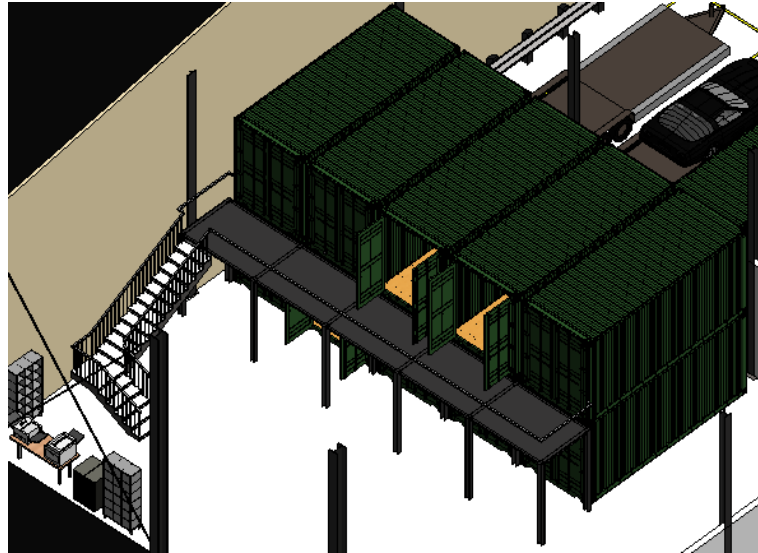


Ilustración 207. Estructura completa y acceso al segundo nivel.
Fuente: elaboración propia

Se van a introducir diferentes elementos para conformar un espacio de trabajo.



Ilustración 208. Propuesta final para el Almacén.
Fuente: elaboración propia

A modo de introducción del próximos apartados, se presenta la primera imagen renderizado creada en el software REVIT. En este caso, la imagen muestra de forma muy aproximada a la realidad la apariencia final del almacén:



Ilustración 209. Vista renderizada del almacén.
Fuente: elaboración propia

La representación de la estancia en 3D muestra que el ambiente creado es muy poco cómodo para un trabajador. No existe ninguna ventana que permita la entrada de luz natural y esto se traduce en un mayor agotamiento por parte del trabajador al trabajar siempre bajo luz artificial. Si se insertan unas ventanas, el resultado renderizado es:



Ilustración 210. Comparativa del Almacén sin y con ventanas.
Fuente: elaboración propia

5.17. Generación de la propuesta de distribución para la zona de Exposición

5.17.1. Definición de aseos

Estos baños se van a diseñar teniendo en cuenta que deben estar localizados cerca de los vestuarios para optimizar las instalaciones de fontanería y saneamiento.

Además se incluirá un aseo en cada baño apto para personas con movilidad reducida que se desplacen en silla de ruedas.

Así, tanto para hombres como para mujeres, los baños contarán con tres inodoros y un lavabo con tres pilas. También se dispondrá en cada uno de ellos un secamanos por aire. Se insertarán también dispensadores de papel higiénico en cada aseo así como un dispensador de papel para secar las manos.

Finalmente, el resultado gráfico obtenido será:

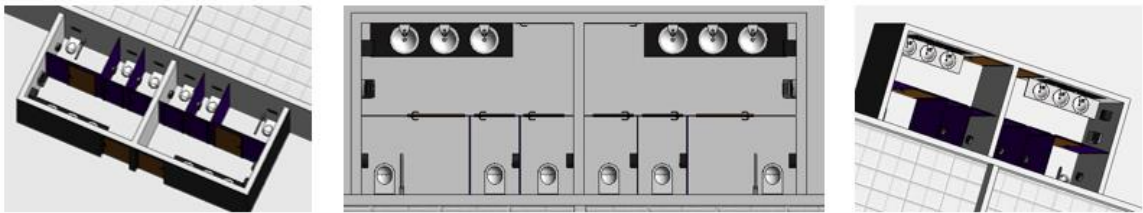


Ilustración 211. Planteamiento de los baños para compradores y personal de la zona exposición.
Fuente: elaboración propia

5.17.2. Presentación del espacio destinado a la Exposición

La zona de Exposición va a ser el área de la construcción en la que se van a encontrar principalmente los clientes potenciales. Esta sala tiene que ser capaz de mostrar la potencia de los vehículos producidos por esta marca, así como mantener una lógica constructiva y armónica con el resto de la construcción.

Se va a seguir buscando que la luz natural siga entrando al interior de la edificación. Por ello, en la construcción de los muros externos de la nave, se va a alternar entre muros cortina con paneles de cristal y muros de obra. El tamaño de los muros coincidirá con el de los paños creados por pilares y vigas de atado.

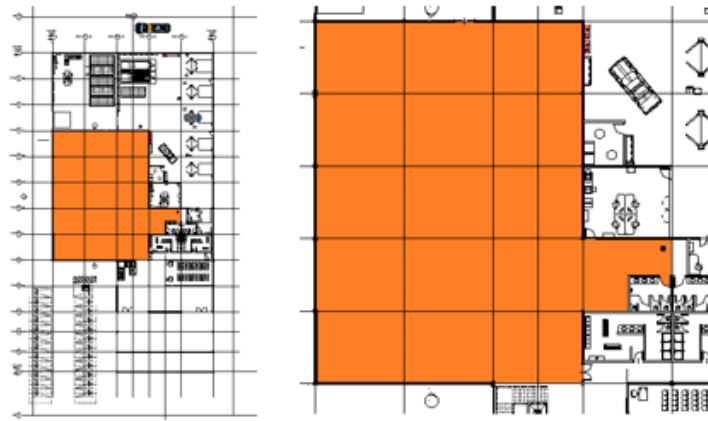


Ilustración 212. Localización de la zona de exposición en el proyecto.
Fuente: elaboración propia

Las comunicaciones de la zona de exposición (zona principal en el trato con los clientes) deben permitir un rápido acceso tanto al almacén como a la zona taller. Todos los usuarios que quieran acceder a estos servicios lo harán a través de los trabajadores localizados en esta sección.

Así, en la comunicación Taller – Zona de exposición, se instalará como puerta de acceso una puerta corredera de dos hojas con unas dimensiones de 1650 x 2030 mm. En el acceso para la zona Almacén, se instalará una puerta de dimensiones mayores ya que debe poder utilizarse también como medio de acceso de los vehículos a la zona de exposición. Las dimensiones de esta segunda puerta serán 2500 x 2800 mm.

Las puertas estarán localizadas tal y como se muestran en la imagen siguiente:

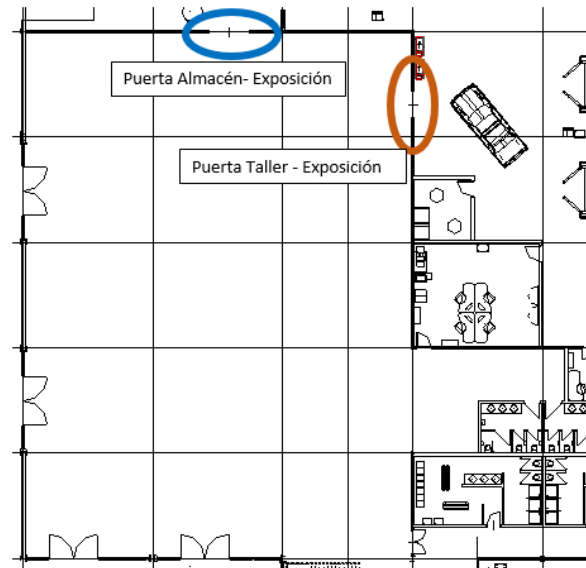


Ilustración 213. Planteamiento de accesos a otras áreas.
Fuentes: elaboración propia

5.17.3. Propuesta de diseño para los muros exteriores

Se crean muros tanto de obra como con paneles de vidrio para permitir la entrada de luz natural en el interior de la zona de exposición.

Así, el resultado de alternar entre ambas tipologías de muro, el resultado obtenido será:

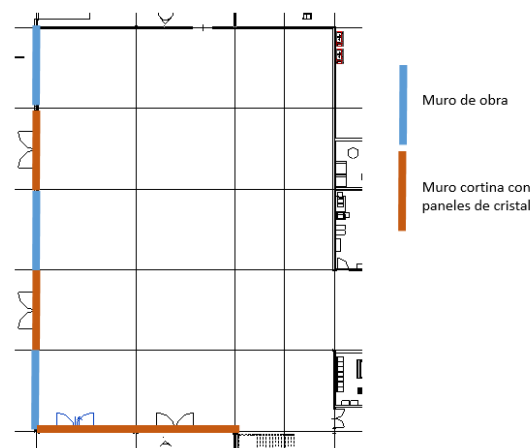


Ilustración 214. Propuesta muros exteriores en zona Exposición.
Fuente: elaboración propia

Se han introducido puertas únicamente en los muros cortina. Las puertas planteadas son también de cristal para contribuir al ambiente diáfano y luminoso que se está persiguiendo en la construcción de este proyecto. Si se presta atención a las

puertas localizadas en el lateral de la nave (paño de mayor longitud) se notara que es necesario corregir el sentido de la apertura.

El resultado 3D para la propuesta de muros exteriores sería:

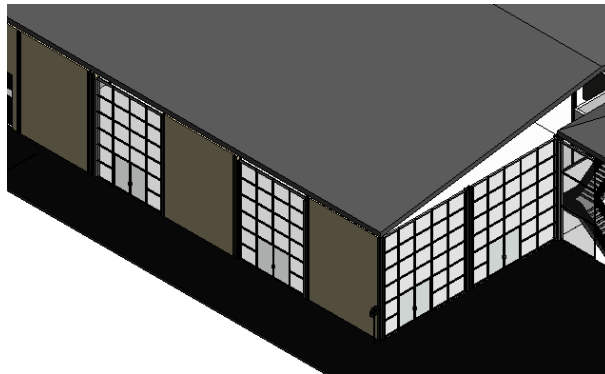


Ilustración 215. Resultado 3D para la inserción de muros exteriores.
Fuente: elaboración propia

5.17.4.Importación de elementos y familias

El período comercial dura, generalmente, hasta las 20:30. Esto implica que parte de la actividad del negocio se realice cuando la luz natural no es muy abundante y se hace necesario el apoyo de fuentes de luz desde dentro de la nave para garantizar y permitir la actividad normal.

Por ello, se va a realizar la instalación de una serie de tubos LEDs (de metodología de construcción similar a la de los tubos fluorescentes tradicionales) para aportar luz en los momentos que la natural no sea suficiente.

La propuesta de distribución de tubos LEDs en la zona de Exposición será:

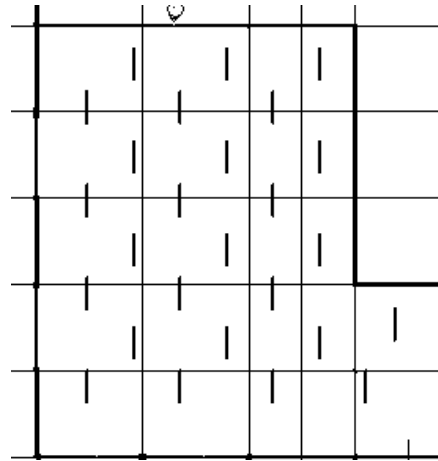


Ilustración 216. Propuesta de distribución de luminarias.
Fuente: elaboración propia

Las características que da el REVIT de forma predeterminada para las luminarias pueden ser modificadas a fin de igualar las dadas por un proveedor (consumo, temperatura de la luz, luminosidad, etc.).

Se insertan a continuación la propuesta para la ubicación de los escritorios y lugares de trabajo de los trabajadores. Estos van a estar repartidos a lo largo de toda la sala. Se intentarán ubicar los escritorios de dos en dos para mejorar el trabajo en equipo.

El resultado para la propuesta dada es:

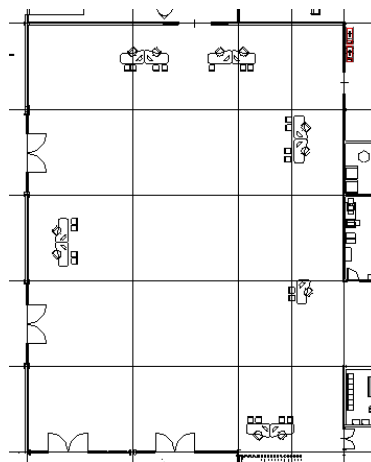


Ilustración 217. Propuesta de ubicación de los escritorios.
Fuente: elaboraci

Dado que el motivo de esta sala es la exposición de vehículos, se tienen que insertar dichos elementos. Obviamente el programa REVIT no incluye de forma

predeterminada este tipo de objeto, por lo que se tienen que buscar en internet, descargar la familia e incluirla en el proyecto (como se ha comentado al principio del proyecto, el trabajo colaborativo es una de las fortalezas de la tecnología BIM). El resultado final obtenido será el mostrado en la Ilustración 218



Ilustración 218. Propuesta final de distribución de elementos en zona de Exposición.
Fuente: elaboración propia

A fin de valorar los espacios y la distribución planteada, se va a insertar en el proyector personas. El insertar una persona se hace de igual forma que cuando insertas un sofá, a través del menú “*Componente*”.

Igual que sucede con todos los elementos de Revit, la familia Hombre o Mujer permite la selección de diferentes opciones.



Ilustración 219. Modelos de personas que se pueden incluir en el modelo
AUTODESK REVIT.
Fuente: elaboración propia

Finalmente, se puede concluir con un render de la zona de exposición considerando como fuente de luz la luz natural y luminarias. Tal y como se ve en la Ilustración 220:



Ilustración 220. Renderizado para la zona de Exposición.
Fuente: elaboración propia

5.18. Definición de los espacios de aparcamiento

Según la normativa vigente, el número de plazas de aparcamiento viene dado por las siguientes pautas:

- ✓ 1 plaza por cada 50 m² útiles destinados a talleres de automóviles. El taller tiene una superficie útil de 630 m². Es decir, el proyecto requiere, por la superficie que ocupa la zona del taller, 13 plazas de aparcamiento.
- ✓ 1 plaza de aparcamiento por cada 100 m² útiles destinados a realizar labores de venta. La sala de exposición del proyecto tiene una superficie de 730 m² aproximados. Es decir, el requerimiento que impone el área destinada a actividad comercial es de 8 plazas de aparcamiento.

Los aparcamientos se dispondrán frente a la nave, en el espacio que existe delante de la zona de exposición:

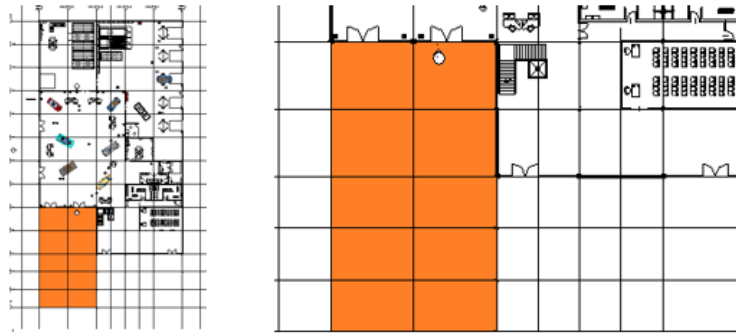


Ilustración 221. Localización del aparcamiento.
Fuente: elaboración propia

En el aparcamiento se va a incluir únicamente una plaza de aparcamiento para minusválidos.

El resultado final para el aparcamiento será:

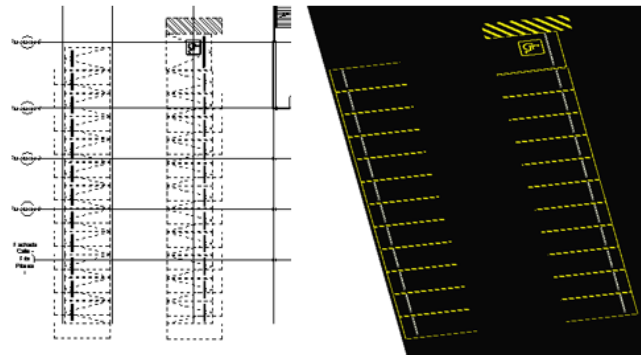


Ilustración 222. Propuesta de distribución de aparcamiento.
Fuente: elaboración propia

5.19. Inserción de archivo DWG (AutoCAD)

El BIM permite el diseño en un entorno de 3D. Sin embargo, el mundo de la ingeniería y el diseño se encuentra en un periodo de transición que hace necesaria la interacción entre entornos 2D y 3D. Se pueden relacionar archivos .dwg (AutoCAD) con archivos .rvt (REVIT). Ambos software pertenecen a la empresa Autodesk.

Las administraciones públicas permiten la descarga de los planos de la totalidad de la geografía española en formato CAD. Por ello, es necesario contar con el plano del Catastro para el Polígono Industrial Nuevo Jaén. Esta información se puede

encontrar en la Sede Electrónica del Catastro (<https://www1.sedecatastro.gob.es/>), portal perteneciente al Ministerio de Hacienda y Función Pública.

El proceso de inserción de un archivo .dwg sobre el que trabajar es muy sencillo. Para ello, lo que se tiene que hacer, es simplemente insertar archivo en el programa. En este punto hay que prestar atención ya que el .dwg representará un espacio plano, mientras que el modelo de REVIT en el que se está trabajando está en 3D.

Así, el proceso de inserción de un archivo .dwg en el modelo REVIT es:

- 1) Dentro del menú “Insertar”, se tiene que seleccionar la opción “Importar” y a continuación “Importar CAD”:

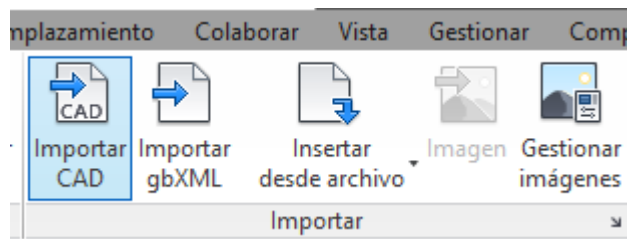


Ilustración 223. Botón "Insertar CAD".
Fuente: elaboración propia

- 2) A continuación se tiene que localizar el directorio deseado.
- 3) Hay que tener en cuenta que se pueden estar trabajando en unidades diferentes en cada archivo. Es muy importante indicar en que unidades se quiere realizar la importación:

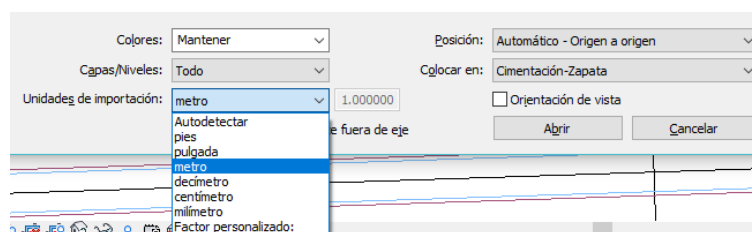


Ilustración 224. Selección de propiedades en la importación de CAD.
Fuente: elaboración propia

Tras esto, el resultado obtenido vendrá a ser:

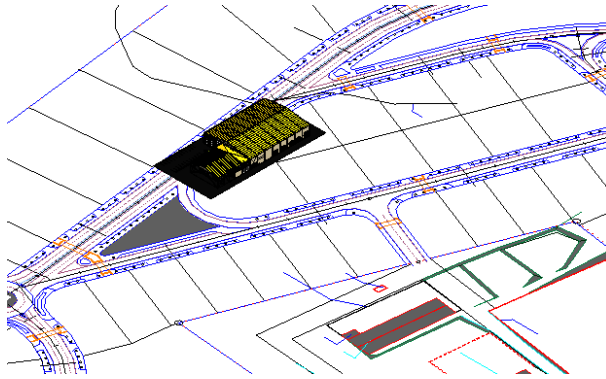


Ilustración 225. Resultado de inserción del plano del Catastro, archivo .dwg.
Fuente: elaboración propia

- 4) Por último, queda orientar correctamente el proyecto para que refleje la realidad:

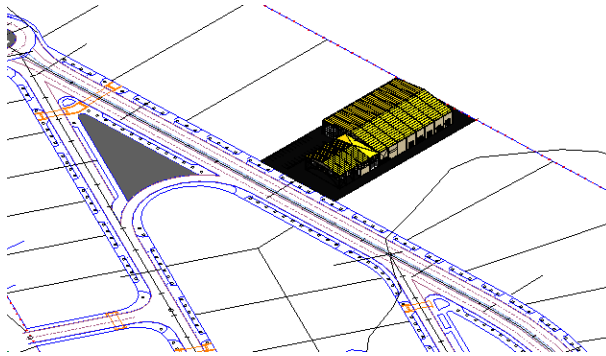


Ilustración 226. Mapa del Catastro en .dwg con la correcta orientación.
Fuente: elaboración propia

6. Generación de documentación

6.1. Representación del elemento en planos

Los planos representarán siempre multitud de aspectos del proyecto que se está diseñando:

- ✓ **Objeto de la transformación:** se muestra la finca, parcela o industria, por ejemplo, sobre la que se va a actuar.
- ✓ **Elementos condicionantes:** muestra las características de van a definir las características de la parcela: conocer el tipo de suelo es importante para definir la cimentación, restricciones urbanísticas, infraestructuras existentes (canalizaciones de agua, tomas de electricidad, etc.).
- ✓ **Situación actual VS situación futura:** se detallarán qué obras e instalaciones se instalarán, quedando definidas completamente a través de planos que mostrarán diferentes secciones, alzados, detalles, etc.

Los planos son los documentos que más se utilizarán durante el proceso de construcción en la realidad del modelo 3D planteado en el ordenador. Es por ello que tienen que ser lo más completos y concisos. No puede escatimarse en la información contenida en éstos. No está permitida la inclusión de información innecesaria o que induzca a errores.

Los planos son elementos del proyecto que tienen carácter vinculante. Es decir, están firmados tanto por el promotor o fabricante y la empresa de ingeniería que desarrolla el proceso (Rubio Rubio & Espinosa Malea, 2018).

6.1.1. Proceso de creación de planos para representar el modelo

En primer lugar, en el proyecto, se debe definir la información que se va a encontrar en cada plano. Ésto forma parte de la información básica que debe contenerse y mostrarse en cada plano.

El proceso de introducir esta información en el Revit es como sigue a continuación:

- 1) En la ficha *Gestionar*, se selecciona el grupo *Información* y se activa la casilla *Información del proyecto*:

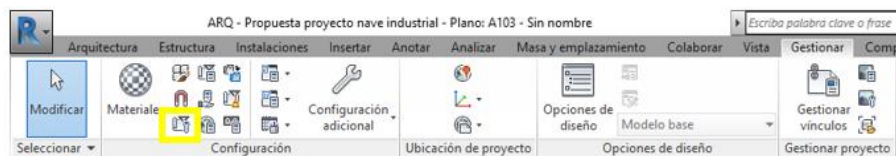


Ilustración 227. Introducción de la información del proyecto.

Fuente: elaboración propia

- 2) Una vez se ha activado este botón, nos saldrá una interfaz que se completará con la información del proyecto:

Parámetro	Valor
Datos de identidad	
Nombre de organización	Universidad de Jaén
Descripción de organización	Departamento de Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos
Nombre del edificio	Sede para concesionario multimarca
Autor	Luis Linde
Análisis energético	
Configuración de energía	Editar...
Otros	
Fecha de emisión de proyecto	26/06/2018
Estado de proyecto	Estado de proyecto
Nombre de cliente	Concesionario multimarca
Dirección de proyecto	Introduzca dirección aquí
Nombre de proyecto	Desarrollo de un Proceso de Construcción Industrial Mediante BIM
Número de proyecto	0001

Ilustración 228. Información del proyecto.

Fuente: elaboración propia

- 3) Finalmente, tras pulsar el botón *Aceptar*, la información se habrá introducido en el proyecto:

Desarrollo de un Proceso de Construcción Industrial Mediante BIM	Sin nombre	
	Número de proyecto	0001
	Fecha	26/06/2018
	Dibujado por	Autor
	Comprobado por	Verificador
		A103
		Escala

Ilustración 229. Información definida y contenida en el proyecto.

Fuente: elaboración propia

Aún quedan pendiente definir más información para caracterizar cada plano. Sin embargo, esta información es única y se detallará en los siguientes pasos como se realiza.

Para insertar un plano en el proyecto puede hacerse siguiendo dos métodos diferentes. El primer método consiste en dibujar y diseñar una plantilal de plano en

AuotCAD. A continuación se importaría y se usaría como base para la realización de todos los planos.

La otra opción posible es la de usar los propios planos que incorpora el Revit de forma predeterminada. En primer lugar, lo que hay que realizar es la de importar la familia de planos en el proyecto.

El proceso es como sigue a continuación:

- 1) El Revit permite introducir planos desde el inicio del proyecto. Sin embargo, al no haber introducido ninguna familia que indique el tipo de cuadro de rotulación, el plano consistirá simplemente en una página en blanco.

En primer lugar se debe realizar el proceso normal de importación de familia en Revit. Una vez se está en el directorio raíz predeterminado de Revit, se seleccionará la opción *Bloques de título*:

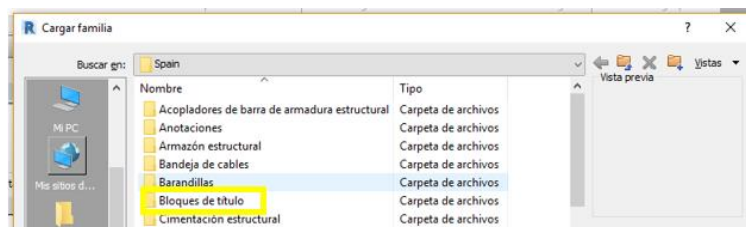


Ilustración 230. Insertar bloques de título para planos.
Fuente: elaboración propia

- 2) A continuación se pueden incluir en el modelo todos los archivos/familias que se encuentren en el directorio. De esta forma se ahorrará tiempo y se evitará repetir el proceso en el futuro ya que a priori no se sabe cuál será el formato de página necesario para representar completamente la estancia.
- 3) Para crear un plano, se debe seguir la siguiente ruta con el ratón: en la ficha *Vista*, se selecciona en la categoría *Composición de plano* el botón *Plano*:



Ilustración 231. Crear plano/vista de plano.
Fuente: elaboración propia.

- 4) En este punto se procede a seleccionar el tipo de plano y el estilo de cajetín que se desea. En este punto se tiene en cuenta la cantidad de detalle con la que se quiere representar el objeto en cuestión, ya que de eso va a depender la escala y, por consiguiente, el tamaño de la hoja.

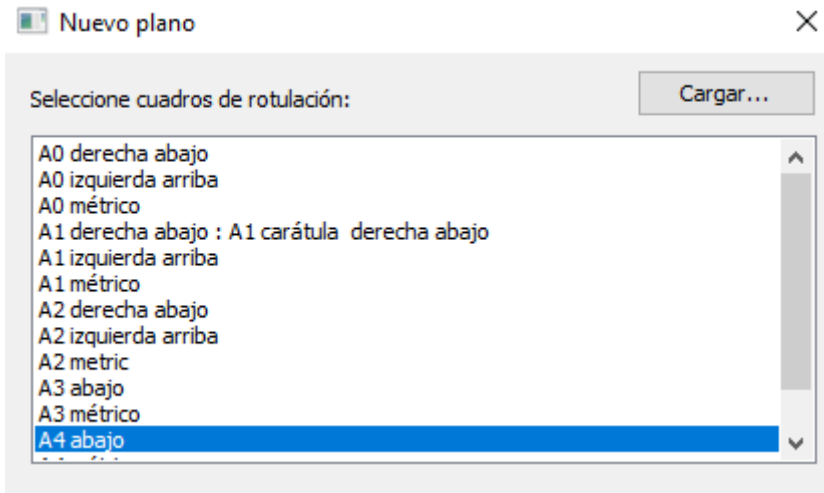


Ilustración 232. Opciones de tamaño de planos.
Fuente: elaboración propia

- 5) Finalmente, se obtiene un plano vacío en el que se podrán incluir las vistas y las informaciones que deseemos. En nuestro TFG hemos creado una plantilla de plano en diferentes tamaños para representar los planos. La Ilustración 223 muestra un plano de una familia generada durante la elaboración del TFG en tamaño A3:

				Organización	
				Nombre de organización	
				Nombre de plano	
				A101	
				Código de plano	
				Código de plano	

Ilustración 233. Ejemplo de plano vacío A3.
Fuente: elaboración propia

En los Anejos de este TFG se pueden ver diferentes planos obtenidos y representados en este formato

6.2. Postprocesado mediante uso de software BIM

Durante la realización de todo este Trabajo de Fin de Grado se ha venido alabando las características de la tecnología BIM y las ventajas en el tratamiento de los datos que la acompañan. Se ha hecho énfasis en numerosas ocasiones en el hecho de crear un diseño en 3D de la futura estructura permitiendo visualizar las situaciones de conflicto antes de que se produzcan, cómo se pueden generar imágenes render 3D de gran calidad, etc.

Sin embargo uno de los aspectos más importantes del uso de toda esta tecnología recae en la gestión de datos. El uso de la tecnología BIM permite que el cálculo de elementos (mediantes tablas) pueda realizarse sin necesitar más de cinco minutos, permitiendo acotar los elementos según diferentes parámetros (tipos de viga, longitudes, fabricantes, etc.).

La creación de estas tablas de conteo de materiales o de planificación es la representación en forma de tabla de la información extraída de las propiedades de los elementos de un proyecto. Una tabla de planificación puede venir dada como una lista con todos los elementos y propiedades asociadas a cada elemento o puede presentar a los ejemplares agrupados en categorías según los criterios definidos por el desarrollador del modelo (REVIT Knowledge Center , 2018).

Las tablas de planificación son elementos que se pueden insertar en cualquier fase del proceso de diseño. Son elementos que están relacionados directamente con las tablas, por lo que cada cambio que se realice en el modelo producirá una actualización en la tabla también.

El Revit permite además la exportación de los datos agrupados en tablas en archivos de texto (.txt) o en Excel. De esta forma el tratamiento y uso de los datos se facilita.

Existen diferentes tipos de tablas.

6.2.1. Tabla de planificación o de cantidad

Esta es la tabla básica. Se trata de una recopilación de los elementos de construcción que forman parte del proyecto. El proceso de inserción de estas tablas es muy simple, si bien la dificultad recae en la correcta definición de parámetros.

Para insertar una tabla de planificación o conteo de materiales, el proceso tal y como sigue:

- 1) Se debe realizar la siguiente ruta con el ratón: ficha *Vista* → grupo *Crear* → menú desplegable *Tabla de planificación* → *Tabla de planificación/cantidades*.

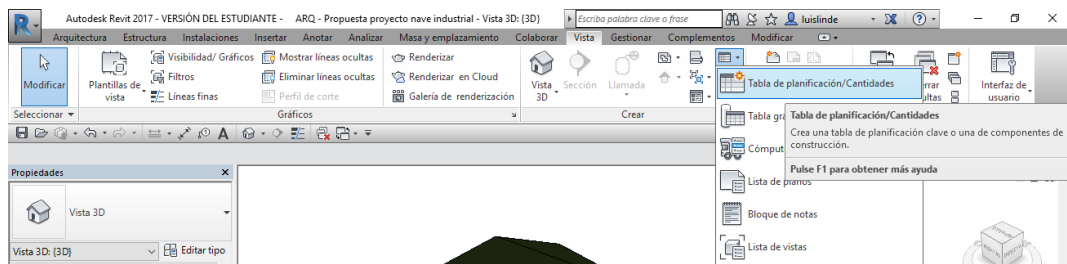


Ilustración 234. Ruta para la inserción de tabla de planificación/cantidades.

Fuente: elaboración propia

- 2) A continuación se debe definir los elementos que sobre los que se quieren realizar los conteos, cálculo de volúmenes, superficies, etc.:

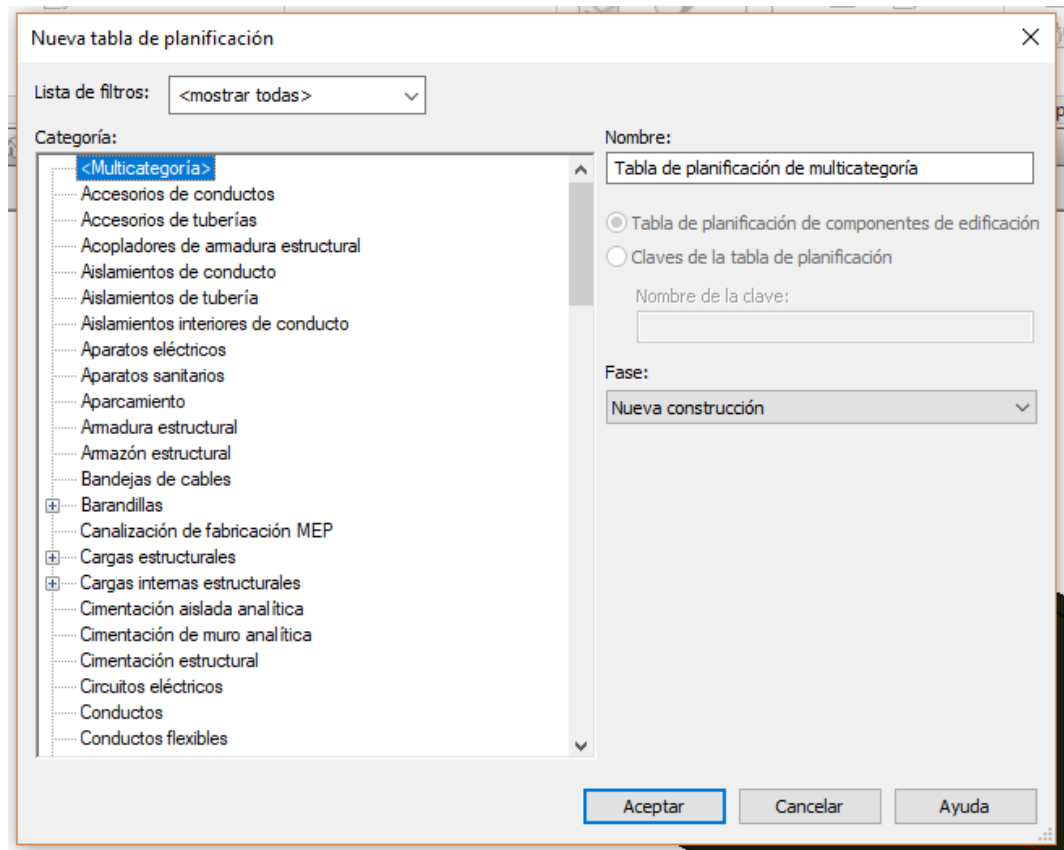


Ilustración 235. Definición de la categoría de la tabla de planificación.
Fuente: elaboración propia

- 3) Se va a crear una tabla de planificación de pilares estructurales. Tras seleccionar esta categoría, aparecerá una nueva ventana de diálogo en la que permitirá identificar qué factores se quieren considerar o incluir:

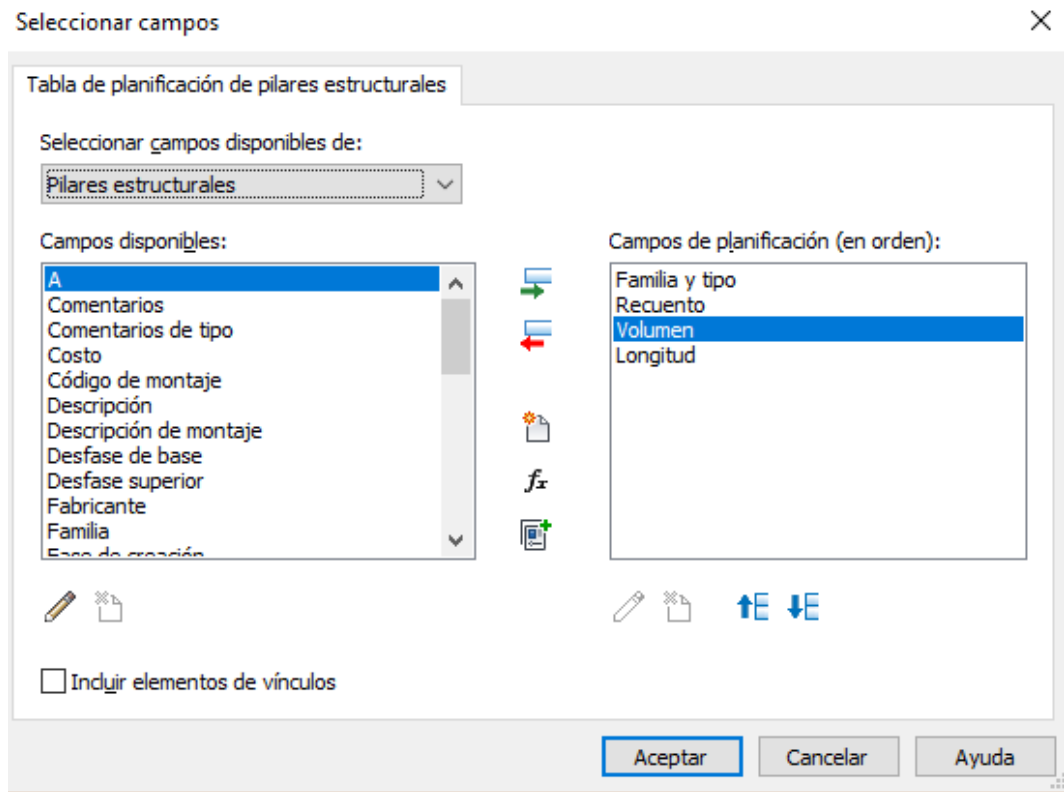


Ilustración 236. Menú de diálogo para seleccionar los campos de la tabla de planificación.
Fuente: elaboración propia

Se van a considerar los siguientes aspectos:

- a. **Familia y tipo:** hace referencia al tipo de pilar. Por ejemplo:

HEB - Vigas de ala ancha - Pilar: HEB 140
HEB - Vigas de ala ancha - Pilar: HEB 220
HEB - Vigas de ala ancha - Pilar: HEB 300
HEB - Vigas de ala ancha - Pilar: HEB 360
Hormigón-Cuadrado-Pilar: 450 x 450
Hormigón-Rectangular-Pilar: 850 x 450

Ilustración 237. Familias y tipos de pilares incluidos en el proyecto.
Fuente: elaboración propia

- b. **Recuento:** se trata de un algoritmo automático incluido en el REVIT que realiza el conteo de los elementos.
- c. **Volumen:** devuelve el volumen del material que hay en cada tipo de familia. Es un dato importante a la hora de realizar un presupuesto rápido de la construcción (en el mundo de la construcción industrial se estima el coste de la construcción calculando el peso en kilogramos de acero y convirtiéndolo a euros

d. **Longitud:** algoritmo que calcula la longitud de los elementos. Es importante porque permite calcular si será necesario algún transporte especial por ser un elemento de grandes dimensiones.

<Tabla de planificación de pilares estructurales>

[illegible]

Fuente: elaboración propia

181

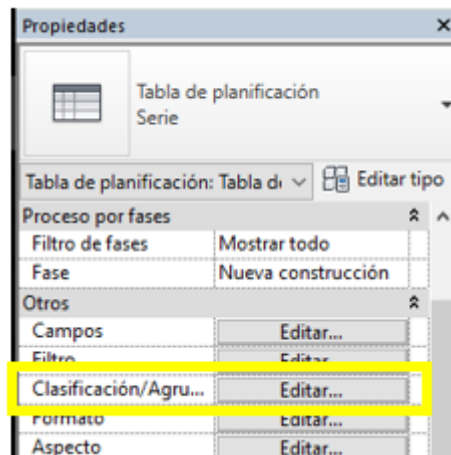


Ilustración 239. Agrupación de categorías.
Fuente: elaboración propia

Una vez se ha seleccionado este botón, en la nueva ventana de diálogo se debe desmarcar la opción *Detallar cada ejemplar*. Este botón se encuentra en la ficha *Clasificación/Agrupación*:

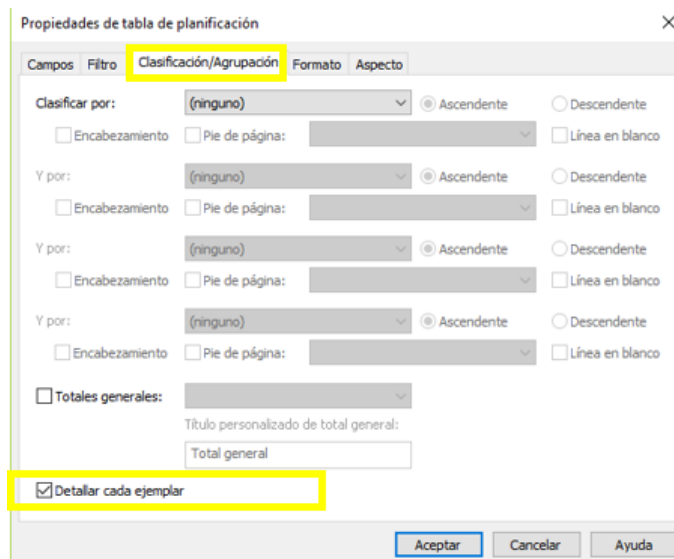


Ilustración 240. Desmarcar la opción *Detallar cada ejemplar*.
Fuente: elaboración propia

- 5) Finalmente se obtiene una tabla que muestra los datos de una forma sintetizada y que permite el trabajo con ella de forma mucho más sencilla:

<Tabla de planificación de pilares estructurales>			
A	B	C	D
Familia y tipo	Recuento	Volumen	Longitud
HEB - Vigas de ala ancha - Pilar: HEB 140	12	0.012119	2.91
HEB - Vigas de ala ancha - Pilar: HEB 140	2	0.012516	3.00
HEB - Vigas de ala ancha - Pilar: HEB 220	10	0.070608	8.00
HEB - Vigas de ala ancha - Pilar: HEB 300	8	0.114256	8.00
HEB - Vigas de ala ancha - Pilar: HEB 360	34	0.139500	8.00
Hormigón-Cuadrado-Pilar: 450 x 450	3	0.116437	0.80
Hormigón-Cuadrado-Pilar: 450 x 450	2	0.117459	0.80
Hormigón-Cuadrado-Pilar: 450 x 450	24	0.131625	0.80
Hormigón-Cuadrado-Pilar: 450 x 450	1	0.146812	0.80
Hormigón-Cuadrado-Pilar: 450 x 450	14	0.162000	0.80
Hormigón-Rectangular-Pilar: 850 x 450	3	0.248625	0.80
Hormigón-Rectangular-Pilar: 850 x 450	1	0.306000	0.80
Total general: 114			

Ilustración 241. Datos agrupados por tipo de familias.

Fuente: elaboración propia

6.2.2. Tabla de planificación clave

Son tablas usadas para la automatización de la definición de características y propiedades para los elementos de un modelo.

Es muy normal que en las tablas de planificación existan elementos con las mismas características. Sin embargo, para que todos los elementos tengan las mismas características, en muchas ocasiones éstas deben ser introducidas de forma manual. La creación de planificación clave permite que la caracterización de los elementos se haga de forma automática.

Por ejemplo, para un arquitecto que está desarrollando una estructura de seis plantas, con cuatro pisos por planta y con dos cuartos de baño con piso la operación de definir las calidades y acabos de paredes, techos y suelos puede ser una tarea que le lleve mucho tiempo si debe realizar la operación baño a baño. Sin embargo, si se define una de estas estancias como clave, al añadirla a la tabla de planificación, sus características serán exportadas para todos los otros cuartos de baño, lo cual reduce

en gran medida el tiempo necesario para elaborar una tabla de planificación y definir las características de todos los elementos.

6.2.3. Tabla de planificación de cómputo de materiales

Las tablas de planificación de cómputo de materiales realizan el conteo de los componentes o materiales que forma cada elemento de cualquier familia de Revit. Estas tablas se basan en la misma filosofía que en las tablas de planificación anteriores.

Así, por ejemplo, se va a realizar la creación de una tabla de planificación de cómputo de materiales para todos los muros que hay en el proyecto. Creando dos columnas en el archivo de datos, una que indique el tipo de muro y otra que indique el área, el resultado obtenido será:

<Cómputo de materiales de muro>	
A	B
Familia y tipo	Material: Área
Muro básico: Ladrillo enfoscado - trasd. PYL - 24	31.45 m²
Muro básico: Ladrillo enfoscado - trasd. PYL - 24	31.45 m²
Muro básico: Ladrillo enfoscado - trasd. PYL - 24	31.45 m²
Muro básico: Ladrillo enfoscado - trasd. PYL - 24	31.45 m²
Muro básico: Ladrillo enfoscado - trasd. PYL - 24	12.51 m²
Muro básico: Ladrillo enfoscado - trasd. PYL - 24	12.51 m²
Muro básico: Ladrillo enfoscado - trasd. PYL - 24	12.51 m²
Muro básico: Ladrillo enfoscado - trasd. PYL - 24	12.51 m²
Muro básico: Ladrillo enfoscado - trasd. PYL - 24	10.56 m²
Muro básico: Ladrillo enfoscado - trasd. PYL - 24	10.56 m²
Muro básico: Ladrillo enfoscado - trasd. PYL - 24	10.56 m²
Muro básico: Ladrillo enfoscado - trasd. PYL - 24	10.56 m²
Muro básico: Ladrillo enfoscado - trasd. PYL - 24	23.25 m²
Muro básico: Ladrillo enfoscado - trasd. PYL - 24	23.25 m²
Muro básico: Ladrillo enfoscado - trasd. PYL - 24	23.25 m²
Muro básico: Ladrillo enfoscado - trasd. PYL - 24	23.25 m²
Muro básico: Ladrillo enfoscado - trasd. PYL - 24	12.36 m²
Muro básico: Ladrillo enfoscado - trasd. PYL - 24	12.36 m²
Muro básico: Ladrillo enfoscado - trasd. PYL - 24	12.36 m²
Muro básico: Ladrillo enfoscado - trasd. PYL - 24	12.36 m²
Muro básico: Ladrillo enfoscado - trasd. PYL - 24	31.99 m²
Muro básico: Ladrillo enfoscado - trasd. PYL - 24	31.99 m²
Muro básico: Ladrillo enfoscado - trasd. PYL - 24	31.99 m²
Muro básico: Ladrillo enfoscado - trasd. PYL - 24	31.99 m²
Muro básico: Tabique - 8 cm	5.71 m²
Muro básico: Tabique - 8 cm	11.43 m²
Muro básico: Tabique - 8 cm	3.94 m²
Muro básico: Tabique - 8 cm	7.88 m²

Ilustración 242. Tabla de planificación de cómputo de materiales para los muros.
Fuente: elaboración propia

Nuevamente se tiene que agrupar la información creada por el Revit para poder trabajar con ella de forma cómoda. En este caso se trabajará en Microsoft Excel para realizar el Postprocesado de la información dada.

6.2.4. Exportación de datos en Excel

En la tecnología BIM, la M hacía referencia a la gestión de datos que se produce durante el proceso de diseño y desarrollo de una estructura. Por ello, el Revit permite la exportación de datos en archivos de texto plano que permiten su uso en programas de procesamiento de datos como pueden ser las hojas de cálculo (véase Microsoft Excel).

El proceso de exportación de datos es tal y como sigue a continuación:

- 1) Teniendo activa una ventana que muestre una tabla de planificación (no importa de si materiales o de conteo). Para ello, se va a localizar el botón *Tabla de planificación* en la ficha *Archivo* → *Exportar* → *Informes*:

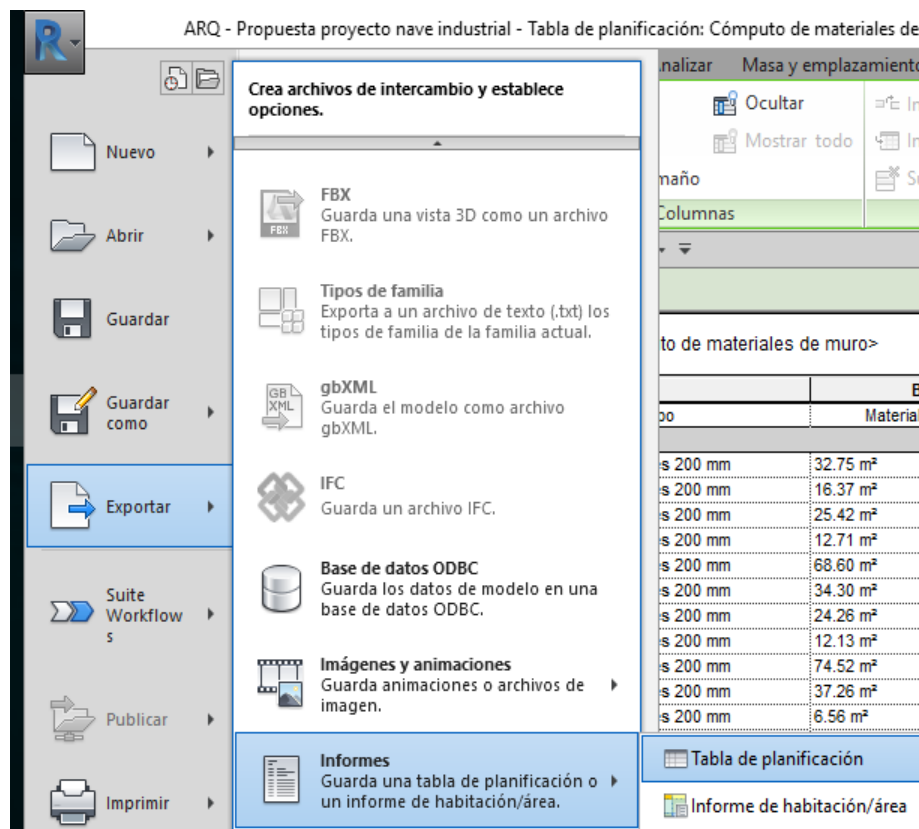


Ilustración 243. Exportar tabla de planificación en archivo de texto plano.
Fuente: elaboración propia.

- 2) Una vez se ha indicado la ruta para guardar el archivo y un nombre, REVIT va a pedir que se definan algunos aspectos de la exportación de datos.

El más importante de todos los aspectos de importación es el delimitador de campo, ya que este debe coincidir con el que se considere en el Excel.

Generalmente el tabulador es un buen ejemplo de un delimitador.

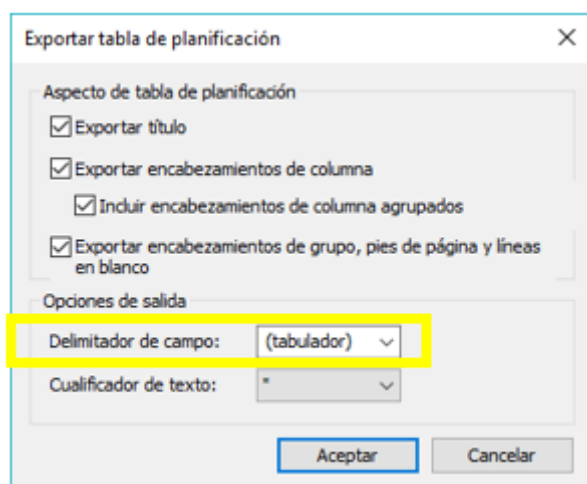


Ilustración 244. Características de la exportación de datos.
Fuente: elaboración propia

- 3) A continuación se puede importar ya el archivo en Excel tal y como se hace con todos los archivos de texto plano.

Para trabajar con los datos en Excel, lo primero que se debe hacer es crear una tabla que contenga todos los datos presentes en el texto plano:

Cóputo de materiales de muro: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

```
"Cóputo de materiales de muro" ""
"Familia y tipo"      "Material: Área"
""
"Muro básico: Interior - bloques 200 mm"      "32.75 m²"
"Muro básico: Interior - bloques 200 mm"      "16.37 m²"
"Muro básico: Interior - bloques 200 mm"      "25.42 m²"
"Muro básico: Interior - bloques 200 mm"      "12.71 m²"
"Muro básico: Interior - bloques 200 mm"      "68.60 m²"
"Muro básico: Interior - bloques 200 mm"      "34.30 m²"
"Muro básico: Interior - bloques 200 mm"      "24.26 m²"
"Muro básico: Interior - bloques 200 mm"      "12.13 m²"
"Muro básico: Interior - bloques 200 mm"      "74.52 m²"
"Muro básico: Interior - bloques 200 mm"      "37.26 m²"
"Muro básico: Interior - bloques 200 mm"      "6.56 m²"
"Muro básico: Interior - bloques 200 mm"      "3.28 m²"
"Muro básico: Interior - bloques 200 mm"      "97.28 m²"
"Muro básico: Interior - bloques 200 mm"      "48.64 m²"
```

Ilustración 245. Texto plano producido en la exportación de datos.
Fuente: elaboración propia

Como se puede ver en la Ilustración 245, el texto producido como tal no es ningún archivo Excel. Para importarlo en Excel, el proceso es el siguiente:

- 1) En la página inicial del programa, se debe seleccionar la opción *Abrir otros libros*. A continuación se localiza el archivo en el directorio en el que se hubiera guardado.
- 2) A continuación hay que definir qué elemento se va a considerar para delimitar las columnas. Se ha indicado en el proceso de exportación que el delimitador sería el tabulado. En este caso, se debe volver a marcar como tal:

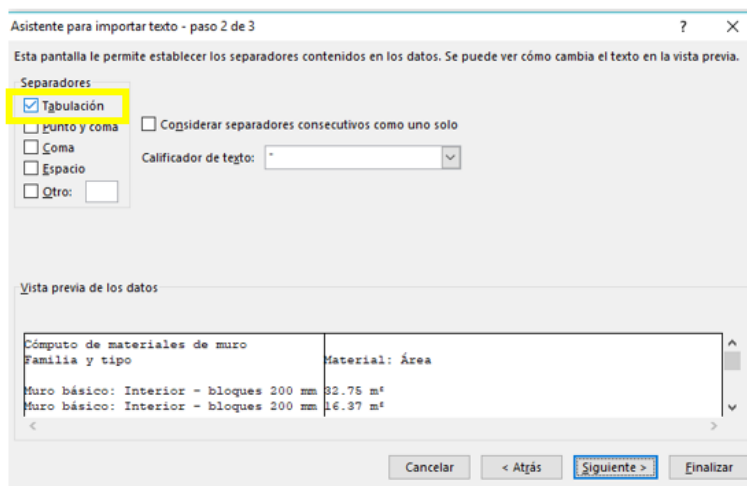


Ilustración 246. Definición del delimitador de columna.

Fuente: elaboración propia

- 3) Finalmente, como resultado se obtiene una tabla en Excel que permite el procesamiento de datos y su uso:

	A	B	C
1	Cálculo de materiales de muro		
2	Familia y tipo	Material: Área	
3			
4	Muro básico: Interior - bloques 200 mm	32.75 m²	
5	Muro básico: Interior - bloques 200 mm	16.37 m²	
6	Muro básico: Interior - bloques 200 mm	25.42 m²	
7	Muro básico: Interior - bloques 200 mm	12.71 m²	
8	Muro básico: Interior - bloques 200 mm	68.60 m²	
9	Muro básico: Interior - bloques 200 mm	34.30 m²	
10	Muro básico: Interior - bloques 200 mm	24.26 m²	
11	Muro básico: Interior - bloques 200 mm	12.13 m²	
12	Muro básico: Interior - bloques 200 mm	74.52 m²	
13	Muro básico: Interior - bloques 200 mm	37.26 m²	
14	Muro básico: Interior - bloques 200 mm	6.56 m²	
15	Muro básico: Interior - bloques 200 mm	3.28 m²	
16	Muro básico: Interior - bloques 200 mm	97.28 m²	
17	Muro básico: Interior - bloques 200 mm	48.64 m²	
18	Muro básico: Interior - bloques 200 mm	11.84 m²	
19	Muro básico: Interior - bloques 200 mm	5.92 m²	

Ilustración 247. Datos exportados en Excel.

Fuente: elaboración propia

El procesado de datos en tablas generadas en Excel es una tarea para nada difícil para el personal de ingeniería. Su formación ha estado ligada a este programa por lo que su entorno le es, generalmente, conocido.

Rápidamente, se genera una tabla dinámica que contemple tal suma de las áreas de cada tipo de muro.

El resultado será:

Tipo de muro	Área propuesta	
Muro básico: Interior - bloques 200 mm	2708,94	m ²
Muro básico: Ladrillo enfoscado - trasd. PYL - 24 cm	5153,36	m ²
Muro básico: Tabique - 18.3 cm con aluminio	147,68	m ²
Muro básico: Tabique - 8 cm	468,45	m ²
Muro básico: Tabique ducha 2 cm	49,86	m ²
Total general	8528,29	

Ilustración 248. Área de muro construida por tipo.
Fuente: elaboración propia

7. Conclusiones

En primer lugar, la tecnología BIM no se trata de una idea nueva surgida en los últimos años. Ha sido el resultado de la evolución necesaria que han sufrido los tradicionales software de diseño. El cambio que supone pasar de una vista en 2D a una vista en 3D que contiene todas las características de los elementos que conforman el conjunto del modelo.

Otra de las ventajas que ha podido comprobarse durante la elaboración de este Trabajo Fin de Grado es que en el proceso de diseño de una construcción estructural con la tecnología BIM se realiza siguiendo los pasos tradicionales de diseño de construcción.

La información que te proporciona Revit de la construcción realizada y la facilidad con la que ésta puede ser obtenida es de gran valor para el ingeniero. Todo el cálculo de materiales, generación de planos, vistas y secciones en 3D están accesibles para el ingeniero de una forma rápida y versátil. La capacidad de

generación de errores disminuye en gran medida con el uso de esta tecnología y metodología de diseño.

Sin embargo toda esta nueva tecnología que de forma tan rápida se ha ido introduciendo durante los últimos años en los estudios de ingeniería provoca que exista déficit de formación. Los nuevos programas de diseño son tan potentes y complejos que en muchas ocasiones un simple tutorial colgado en la red no es necesario.

Finalmente, la evolución en la complejidad de las edificaciones que está produciéndose día a día hace más que necesario la implementación de mejores sistemas de cálculo y de proyección de los proyectos. Desde mi posición como estudiante del Grado de Ingeniería Industrial, especialidad Mecánica con mención en Construcción Estructural, considero que el uso de la tecnología BIM en los estudios de ingeniería va a seguir creciendo año a año. Sin embargo, no se puede obviar el hecho de que debe existir una coherencia constructiva y un conocimiento de lo que se está haciendo y los pasos que se están siguiendo. Hoy en día no sería capaz de concebir un proceso de diseño de una estructura industrial sin usar ninguna de estas herramientas.

8. Referencias y bibliografía

Plan de Transition Numérique du Bâtiment. (Marzo de 2017). Les grands axes du Plan Transition Numérique dans le Bâtiment. Francia.

Ashworth, A., & Perera, S. (2010). *Cost of Studies of Buildings*. Routledge.

Autodesk. (s.f.). *Autodesk Robot Advanced structural analysis software*. Obtenido de <https://www.autodesk.com/products/robot-structural-analysis/overview>

Autodesk HELP. (6 de Diciembre de 2017). *Acerca de los muros cortina*. Obtenido de <https://knowledge.autodesk.com/es/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ESP/Revit-Model/files/GUID-BBC16AF1-88C1-4B2E-A23A-917C3F427E97-hm.html>

Autodesk. (s.f.). *The Autodesk Robot Structural Analysis Professional Story*. Obtenido de <http://help.autodesk.com/view/RSAPRO/2016/ENU/?guid=GUID-84E7F5E0-C903-4493-90CB-BC725373AD9B>

BIMCommunity. (26 de Octubre de 2016). Obtenido de <https://www.bimcommunity.com/news/load/329/the-current-situation-of-bim-in-the-world>

BIMCommunity. (4 de Abril de 2016). El Reino Unido ya es territorio BIM. Obtenido de <https://www.bimcommunity.com/news/load/126/el-reino-unido-ya-es-un-pais-bim>

BIMFORUM. (Agosto de 2013). *Level of Development Specification for Buildings Information Models*. Obtenido de <http://bimforum.org/wp-content/uploads/2013/08/2013-LOD-Specification.pdf>

British Standard Institution. (2013). *PAS 1192 - Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling*. Londres, Reino Unido: BSI.

CADAC Group. (s.f.). *Autodesk Autodesk Robot structural Analysis Professional 2019. Advanced structural analysis software*. Obtenido de <https://www.cadac.com/en/products/robot-structural-analysis-professional/>

Cataluña, I. d. (2017). *ITeC*. Obtenido de <https://itec.es/servicios/bim/implantacion-bim-en-espana/>

Catastro, M. d. (s.f.). *Sede electrónica del Catastro*. Obtenido de <https://www1.sedecatastro.gob.es/>

COAATEEEF. (11 de Mayo de 2016). *Collegi Oficial d'Aparelladors, Arquitectes Tècnics i Enginyers d'Edificació d'Eivissa i Formentera*. Obtenido de <http://coaateeeef.org/fomento-se-compromete-dar-impulso-importante-al-desarrollo-la-metodologia-bim/>

COBuilder. (20 de Mayo de 2016). BIM in Germany.

- Crotty, R. (2011). *The Impact of Building Information Modelling: Transforming Construction*. Routledge.
- del Solar Serrano, P., Andrés Ortega, S., Vivas Urías, M., de la Peña González, A., & Llebana Carrasco, Ó. (2014). Introducción a la metodología BIM. *Spanish Journal of BIM*, 4-10.
- EOOD, C. P. (2010). *Introduction to Autodesk Robot Structural Analysis*. Obtenido de http://autodesk.cadpointbg.com/Software/Architecture/robot_lmore.html
- Gómez Fernández, I. (Junio, 2013). *Interacción de procesos BIM sobre una vivienda del movimiento moderno. La Ville Savoye*. PhD thesis, Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica - Universidad de A Coruña.
- Google Maps. (s.f.). *Google Maps*. Obtenido de maps.google.com
- Graphicsoft. (s.f.). *¿Porqué debería cambiar de CAD a BIM?* Obtenido de [www.graphisoft.es: https://www.graphisoft.es/archicad/open_bim/about_bim/](https://www.graphisoft.es/archicad/open_bim/about_bim/)
- GRAPHISOFT Worldwide. (1 de Septiembre de 2016). Obtenido de http://www.graphisoft.com/info/about_graphisoft/
- Grupo AZVI Comunicación. (8 de Abril de 2016). *El ministro de Transporte de Rumanía visita las obras de Azvi en el ferrocarril Simeria-Brasov*. Obtenido de <http://www.azvi.es/el-ministro-de-transporte-de-rumania-visita-las-obras-de-azvi-en-el-ferrocarril-simeria-brasov/>
- HILDEBRANDT GRUPPE, E. c. (29 de Junio de 2017). *¿En qué consiste el modelo BIM?: HILDEBRANDT GRUPPE*. Recuperado el de Noviembre de 2017, de HILDEBRANDT GRUPPE: <http://www.hildebrandt.cl/en-que-consiste-el-modelo-bim/>
- Ingeniería SkyCiv. (2017). *¿Qué es el análisis P-Delta? | Nube análisis estructural*. Obtenido de <https://skyciv.com/es/education/p-delta-analysis-and-p-delta-effects/>
- Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña. (2017). *ITeC*. Obtenido de <https://itec.es/servicios/bim/implantacion-bim-en-espana/>
- Instituto Tecnológico del Cantábrico. (25 de Julio de 2015). *Instituto Tecnológico del Cantábrico*. Obtenido de <http://itcformacionyconsultoria.com/bim-espana-europa/>
- Martín Dorta, N., González de Chaves Assef, P., & Roldán Méndez, M. (2014). Building information modeling (BIM): Una oportunidad para transformar la industria de la construcción. *Spanish Journal of Building Information Modeling*, 14, 14 a 20.
- Matthews, A. (6 de Julio de 2017). Conferencia de Construcción de la Comisión Europea, "Let's build Changes!". Bruselas, Bélgica.
- McNell et al. (2000). *Benefits of BIM. Building Information Modeling*. Obtenido de www.infocomm.org: Building Information Modeling
- Ministerio de Hacienda y Función Pública, & Dirección General del Catastro. (s.f.). *Sede electrónica del Catastro*. Obtenido de <https://www1.sedecatastro.gob.es>

Quintas Ripoll, V. (1995). *Estructuras especiales en la edificación: análisis y cálculo 1*. Rueda.

REVIT Knowledge Center . (13 de 04 de 2018). *Acerca de las tablas de planificación*.
Obtenido de <https://knowledge.autodesk.com/es/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ESP/Revit-DocumentsPresent/files/GUID-73090B70-8A13-4E12-909C-F25D724D5BA7-htm.html>

Rubio Rubio, I., & Espinosa Malea, J. M. (2018). *Documentación técnica*. Madrid: Paraninfo.

Yan, H. (2008). Benefits and barriers of building information modelling. *12th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering* (pág. 3). Beijing, China: Tingshua University Press.

Anexo 1. Tablas de planificación

Tabla de área de muro a construir

Tabla 8. Áreas de los diferentes tipos de muros a construir.
Fuente: elaboración propia

Tipo de muro	Área propuesta
Muro básico: Interior - bloques 200 mm	2708,94 m ²
Muro básico: Ladrillo enfoscado - trasd. PYL - 24 cm	5153,36 m ²
Muro básico: Tabique - 18.3 cm con aluminio	147,68 m ²
Muro básico: Tabique - 8 cm	468,45 m ²
Muro básico: Tabique ducha 2 cm	49,86 m ²

Tabla de cantidad de acero usado en el armazón estructural

Tabla 9. Conteo, volumen y peso de elementos utilizados
Fuente: elaboración propia

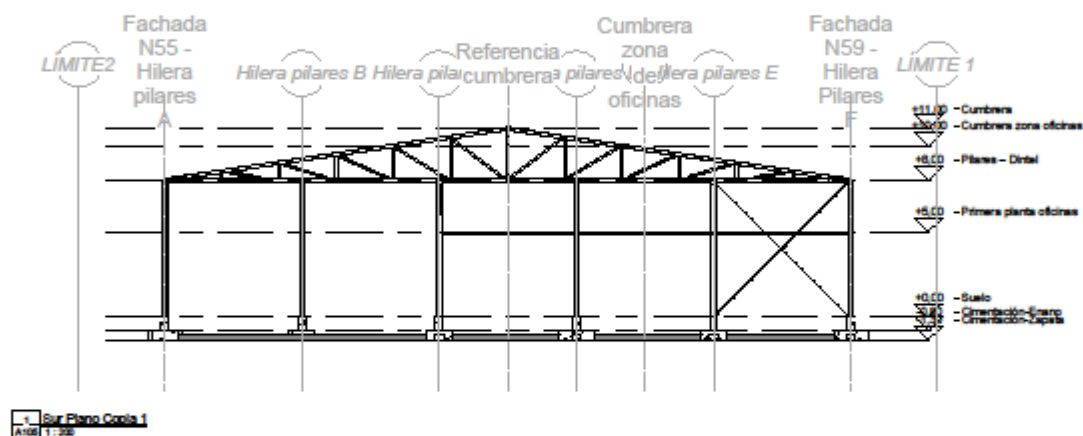
Tipos de viga	Número de vigas	Volumen de material	Peso de material
Acero			
HEA - Vigas de ala ancha: HEA 140	91	0,834 m ³	6545,62 kg
HEA - Vigas de ala ancha: HEA 200	55	4,417 m ³	34676,21 kg
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 140	123	0,622 m ³	4883,96 kg
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 180	144	1,867 m ³	14657,75 kg
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 300	37	1,546 m ³	12132,22 kg
IPN - Secciones en I con alas cónicas: IPN 450	3	1,128 m ³	8852,11 kg
L - Perfiles angulares de lados iguales: L 30x30x4	18	0,033 m ³	262,82 kg
T - T estructurales: T 60	10	0,019 m ³	149,36 kg
UPN - Canales de ala cónica: UPN 100	296	2,414 m ³	18947,05 kg
Hormigón Armado			
Hormigón-Viga rectangular1: 350 x 500 mm	46	46,331 m ³	111195,00 kg

Tabla de planificación para las luminarias

Tabla 10. Tabla para la planificación de las luminarias.
Fuente: elaboración propia

Tipos de lámpara	Instaladas
Lineal suspendido 2: 1200mm	20
Lineal suspendido 2: 2400mm concesionario	26
Lineal suspendido 2: 2400mm Taller	27
Lineal suspendido 2: Corta	5
Techo - Cuadro lineal: 0300 x 1200 mm (1 Lámpara)	16
Techo - Cuadro lineal: 0300 x 1200 mm (2 lámparas)	83
Techo - Cuadro lineal: 0600 x 0600 mm (2 lámparas)	10
Techo - Cuadro lineal: 0600 x 1200 mm (2 lámparas)	12
Total general	199

Anexo 2. Planos generados



Fecha	Nombre	Financ	Organización
Dibujado: 26/09/2018	Luis Lina		Universidad de Jaén
Aprobado:	Gallego, J.J.		
Colado:			
Escala: 1:200	Nombre de plano: Alzado SUR	Número de plano: A105	
		Sustituye a:	
		Sustituido por:	

