



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Jaén

Trabajo de Fin de Grado

ELABORACIÓN DE MODELO BIM DEL EDIFICIO B1 (RECTORADO) DE LA UJA

Alumno: Roberto Moraga García

Tutor: Prof. D. Manuel Antonio Ureña Cámara

Dpto: Ingeniería Cartográfica, Geodésica y
Fotogrametría

Septiembre, 2019

ÍNDICE

Resumen	1
Abstract	1
1. Introducción y justificación	1
2. Objetivos	1
3. Antecedentes	2
3.1. BIM	2
3.1.1. Historia del BIM	3
3.1.2. Ventajas e inconvenientes del BIM	3
3.1.3. Dimensiones del BIM	4
3.1.4. Marco legislativo del BIM	5
3.1.5. Revit	6
3.1.6. Niveles de desarrollo de un proyecto (LOD)	7
3.2. Láser escáner terrestre	8
4. Localización y situación del edificio	9
5. Fases del proyecto	11
5.1. Instrumentación	11
5.2. Escaneado	13
5.3. Creación de la nube de puntos (SCENE)	14
5.4. Procesado de la nube de puntos (Cloud Compare)	17
5.5. Modelado de la nube de puntos (Revit)	20
5.6. Materiales	25
5.7. Incertidumbre a posteriori	26
6. Estudio dimensional y análisis de errores	26
6.1. Estudio dimensional	26
6.1.1. Áreas y perímetros	27
6.1.2. Ángulos y distancias	28
6.2. Análisis de errores	37
6.2.1. Errores de diseño	37
6.2.1.1. Giros en X, Y, Z	37



6.2.1.2. Plantas	41
6.2.1.3. Entrada principal zona Este	42
6.2.1.4. Columnas interiores	45
6.2.1.5. Ventana intersectada por muro	49
6.2.1.6. Techos exteriores	49
6.3. Comisiones y omisiones	53
7. Renderización y resultados	56
8. Planos	56
9. Presupuesto	57
9.1. Cálculo de jornadas	57
9.2. Precios simples	58
9.3. Precios descompuestos	61
9.4. Presupuesto de ejecución material	64
9.5. Presupuesto de ejecución por contrata	64
10. Conclusiones	65
11. Bibliografía	66
12. Anexos	
I. Reseñas de las estaciones	68
II. Diagrama UML del proyecto	96
III. Áreas	97
IV. Imágenes digitales (Renders)	102
V. Planos	
P0: Sótano	
P1: Planta baja	
P2: Primera planta	
P3: Segunda planta	
P4: Vistas 3D	
VI. Guía rápida de Revit para ingenieros	



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Niveles de Desarrollo (LOD)	7
Figura 2. Vista aérea edificio B1 (Rectorado) desde la entrada principal	9
Figura 3. Ubicación del edificio B1 (Rectorado) en el mapa de carreteras de Google Maps	10
Figura 4. Fases del proyecto realizadas por el ingeniero BIM	11
Figura 5. Distribución de las estaciones y zonas de medida	13
Figura 6. Marca de objetivos para los clústeres en SCENE	14
Figura 7. Clúster final visto desde el Norte en SCENE	15
Figura 8. Clúster final visto desde el Este en SCENE	16
Figura 9. Selección de elementos para eliminar en SCENE	16
Figura 10. Resultado final de SCENE	17
Figura 11. Edificio recortado en Cloud Compare	17
Figura 12. Suelo desnudo recortado en Cloud Compare	18
Figura 13. Artefactos del suelo recortados en Cloud Compare	18
Figura 14. Personas en la entrada principal del Este en Cloud Compare, marcadas con un círculo	19
Figura 15. Personas asomadas al tejado, visto desde el Sur en Cloud Compare, marcadas con un círculo	19
Figura 16. Nube de puntos extraña, visto desde el Sur en Cloud Compare, marcada con un círculo	20
Figura 17. Fases del proceso de modelado en Revit	20
Figura 18. Deformaciones del edificio, visto desde el Noroeste	21
Figura 19. Niveles del edificio con líneas de nivel marcadas con un círculo	22
Figura 20. Silueta del edificio	22
Figura 21. Modelo 3D final de Revit del edificio	24
Figura 22. Hundimientos del edificio visualizado con render	24
Figura 23. Plano Sótano (P0) aumentado con medidas de ángulos y distancias	28
Figura 24. Ejemplo del modelo 3D visualizando exterior del nivel sótano	29
Figura 25. Plano Planta Baja (P1) aumentado con medidas de ángulos y distancias	30
Figura 26. Plano Primera Planta (P2) aumentado con medidas de ángulos y distancias	31



Figura 27. Plano Segunda Planta (P3) aumentado con medidas de ángulos y distancias	31
Figura 28. Montacargas y columnas que no coinciden, marcados con un círculo	32
Figura 29. Muros y áreas comunes que no coinciden, marcados con un círculo	33
Figura 30. Muros interiores y exteriores que no coinciden, marcados con un círculo	33
Figura 31. Escaleras y columnas que no coinciden, marcadas con un círculo	34
Figura 32. Falta de coincidencia Norte-Sur de la nube de puntos y el plano	35
Figura 33. Alineación del plano con la nube de puntos	35
Figura 34. Primer ejemplo de correcta alineación entre nube y plano	36
Figura 35. Segundo ejemplo de correcta alineación entre nube y plano	36
Figura 36. Giro en planimetría XY en Cloud Compare	37
Figura 37. Giro en altimetría YZ en Cloud Compare	38
Figura 38. Giro en altimetría XZ en Cloud Compare	38
Figura 39. Cálculo giro en planimetría XY	39
Figura 40. Cálculo giro en altimetría YZ con vista exagerada del edificio	40
Figura 41. Cálculo giro en altimetría XZ con vista exagerada del edificio	40
Figura 42. Hundimiento del edificio desde toma real	41
Figura 43. Zona del edificio omitida en los planos	42
Figura 44. Recorte del plano de la planta baja del arquitecto mostrando entrada principal	42
Figura 45. Recorte del plano de la planta baja del modelo real mostrando entrada principal	43
Figura 46. Exterior de la entrada principal de la planta baja	44
Figura 47. Interior de la entrada principal de la planta baja	44
Figura 48. Cristalera del pasillo derecho de la entrada principal de la planta baja	45
Figura 49. Comparativa de las columnas entre plano y modelo real	46
Figura 50. Columnas pasillo izquierdo de la entrada principal en la planta baja	47
Figura 51. Columnas pasillo derecho de la entrada principal en la planta baja	47
Figura 52. Columnas pasillo izquierdo de la entrada principal en la primera planta	48
Figura 53. Columnas pasillo derecho de la entrada principal en la primera planta	48



Figura 54. Muro que desemboca en ventana, marcado con un círculo	49
Figura 55. Falso techo con desfase negativo visto desde una toma real	50
Figura 56. Falso techo con desfase negativo visto desde el modelo 3D, marcado con un círculo	50
Figura 57. Zona de falso techo en la escalera noreste omitida en planos, marcada con un círculo	51
Figura 58. Falso techo de la escalera noreste visualizado en una toma real	52
Figura 59. Vista aérea del falso techo de la escalera noreste representado en el modelo real	52
Figura 60. Criterio de conteo de muros para omisiones y comisiones	53
Figura 61. Comisión de columnas, marcado con un círculo	55
Figura 62. Omisión de columnas, marcado con un círculo	55



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de pinturas	25
Tabla 2. Áreas y perímetros en AutoCAD	27
Tabla 3. Áreas y perímetros en Revit	27
Tabla 4. Diferencias de áreas y perímetros	27
Tabla 5. Comisiones y omisiones del sótano	54
Tabla 6. Comisiones y omisiones de la planta baja	54
Tabla 7. Comisiones y omisiones de la primera planta	54
Tabla 8. Comisiones y omisiones de la segunda planta	54
Tabla 9. Tabla de jornadas	57
Tabla 10. Tabla de precios simples	58
Tabla 11. Partida 1. Estudio previo	62
Tabla 12. Partida 2. Escaneado y creación de la nube de puntos	62
Tabla 13. Partida 3. Procesado de la nube de puntos	62
Tabla 14. Partida 4. Modelado de la nube de puntos	63
Tabla 15. Partida 5. Obtención de resultados	63
Tabla 16. Partida 6. Estudio dimensional y análisis de errores	63
Tabla 17. Partida 7. Redacción del proyecto	64
Tabla 18. Presupuesto de ejecución material	64
Tabla 19. Presupuesto final de ejecución por contrata	65



Resumen.

El objetivo de este proyecto es la elaboración de un modelo BIM (Building Information Modelling) del edificio B1 (Rectorado) de la Universidad de Jaén y su análisis. Las mediciones del proyecto se obtendrán mediante láser escáner 3D, siendo solamente de la parte exterior del edificio. Tras el procesado de los datos obtenidos y con la ayuda de los planos facilitados por la Universidad de Jaén se obtendrá un producto o modelo final con medidas reales de dicho edificio y su debido análisis posterior. Dicho análisis se basará en un estudio dimensional y en un análisis de errores para mostrar las deformaciones que presenta el edificio y las diferencias entre los planos y el modelo BIM.

Abstract.

The objective of this project is the development of a BIM (Building Information Modelling) model of the B1 (Rector) building of the University of Jaén and its analysis. The project measurements will be obtained by laser 3D scanner, being only from the outside of the building. After the processing of the data obtained and with the help of the plans provided by the University of Jaén, a final product or model with real measurements of said building will be obtained with its subsequent analysis. This analysis will be based on a dimensional study and an error analysis to show the deformations presented by the building and the differences between the plans and the BIM model.

1. Introducción y justificación.

El edificio B1 (Rectorado) de la Universidad de Jaén, es un edificio que presenta (a priori) unas características idóneas para ser analizado, puesto que presenta evidencias externas de deformaciones o hundimientos en su estructura, lo que viene a propiciar su análisis dimensional. Además, no hay ningún modelo BIM sobre dicho edificio, lo único que hay son planos, por lo que hace ideal que se aplique esta metodología.

A lo largo de este documento se mostrará una breve introducción al concepto BIM, abordando su historia, ventajas e inconvenientes y sus características más relevantes, añadiendo a todo ello el proceso completo de un caso práctico de modelado BIM a partir de medidas reales.

En dicho caso práctico, se expondrá el proceso completo desde la elección de la instrumentación hasta el análisis de resultados, así como el posicionamiento de las estaciones, creación, procesado y modelado de la nube de puntos. El análisis de resultados dará una visión objetiva de las deformaciones que presenta el edificio B1 (Rectorado) y los fallos en sus planos (cedidos por la Universidad de Jaén).

2. Objetivos.

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado es poner en práctica los conocimientos adquiridos durante el Grado de Ingeniería en Geomática y Topografía, aplicándolos a un caso real. En este caso, se utiliza una metodología de trabajo nueva, pero que contiene



gran parte de los conceptos adquiridos durante los distintos cursos del grado y sus asignaturas.

Se pretende profundizar en la capacidad de resolver problemas reales desde un punto de vista dimensional y la capacidad de aprendizaje en una metodología innovadora y que será obligatoria en nuestro sector en los próximos años.

En concreto, se busca dar una visión real y objetiva con medidas 3D a los problemas dimensionales que presenta el edificio B1 (Rectorado) de la Universidad de Jaén.

3. Antecedentes.

En muchas ocasiones y desde hace años, hemos utilizado las siglas CAD (Computer Aided Desing) para referirnos al software de diseño en el entorno industrial, de arquitectura o de ingeniería. Sin embargo, en los últimos años aparece un concepto nuevo y que evoluciona a un ritmo mucho mayor, la metodología BIM (Building Information Modelling) (Structuralia , 2017).

3.1. BIM. (Structuralia , 2017).

BIM (Building Information Modeling) es una metodología de trabajo para la gestión de proyectos de obra civil o edificación (entre otros muchos más) de forma colaborativa a través de un modelo digital. Contiene una gran base de datos que permite gestionar todos los elementos de la infraestructura durante el ciclo de vida de la misma. Ha supuesto una gran revolución tecnológica en cadenas de producción y gestión de edificación e infraestructuras.

BIM permite gestionar los proyectos de una manera eficiente (incluyendo una gran reducción de costes), al mismo tiempo que permite a todos los agentes del proyecto trabajar de forma colaborativa. Son tantas sus ventajas que esta metodología ya está siendo implantada en administraciones públicas con su consiguiente uso obligatorio en las licitaciones públicas de edificación en España a partir de 2018 y concursos de obra pública a partir de 2019.

BIM es mucho más que un software: es un conjunto de procesos, procedimientos y sistemas organizativos que permiten desarrollar el diseño, construcción y mantenimiento de infraestructuras de forma inteligente. BIM es una filosofía de trabajo.

Cuando hablamos de CAD, hablamos de un diseño utilizando elementos básicos de dibujo como líneas, arcos o puntos mediante una interfaz gráfica que los relaciona a través de sus propiedades geométricas. Sin embargo, al trabajar en 3D con BIM, nuestros proyectos pasan a otro nivel, pasan a utilizar superficies y objetos paramétricos, creando modelos realistas. Ya no se trabaja con elementos geométricos, sino que se utilizan objetos (como muros, puertas, etc.) con todas sus características (grosor, tipo, altura, etc.) y parámetros físicos que cumplen distintas leyes físicas (como por ejemplo la imposibilidad de que dos objetos ocupen el mismo espacio) con la particularidad de extraer toda la información en cualquiera de las fases del ciclo de vida del proyecto. Estos



objetos están relacionados entre sí (topología), por lo que los cambios producidos en uno de ellos afecta a los demás.

3.1.1. Historia del BIM. (Herrera, 2017).

1963. Se desarrolla el primer programa informático capaz de crear líneas en pantalla, el primer CAD, llamado Sketchpad (por Ivan Sutherland).

1974. Charles Eastman (arquitecto), es conocido como el padre del BIM. Crea el sistema BDS (Building Description System), que tiene todos los ingredientes del BIM actual.

1982. Nace AutoCAD.

1984. Se desarrolla el software Allplan (por George Nemetschek), considerado el segundo software BIM de la historia.

1985. Bentley crea PSeudoStation, el cual se acabó llamando Microstation.

1993. Se desarrolla ArchiCAD para Windows (por Graphisoft), el primer software CAD-BIM multiplataforma. ArchiCAD es un software BIM de Graphisoft (empresa de origen húngaro) cuyo origen está en 1982 gracias al fundador Gábor Bójar. (Zapata, 2017).

1996. Nace la versión 6 de Minicad para Windows y Mac (por Dihel Graphisoft). Era el segundo CAD-BIM multiplataforma.

1997. Leonald Raiz e Irwin Jungreis forman la empresa Charles River Software, Germen de Revit que se renombró como Revit Technology Corporation, apareciendo la primera versión de Revit, distribuida solamente por subscripción mensual a través de Internet.

2002. Autodesk compra Revit por 133 millones de dólares.

2010. Revit cambia su interface asimilando la tecnología Ribbon (cinta) que se mantiene en la actualidad.

3.1.2. Ventajas e inconvenientes del BIM. (ESDIMA, 2018).

A continuación, se presentan las ventajas e inconvenientes del BIM, siendo estas últimas mucho más reducidas.

- Ventajas.

Aporta grandes facilidades para el trabajo en equipo y para trabajar de forma multidisciplinar, favoreciendo los proyectos con distintos agentes de forma colaborativa.

Permite trabajar con archivos en 3D, permitiendo trabajar con formatos en 2D al mismo tiempo de forma interconectada, dando una visión más completa y exacta del proyecto.



Ahorra tiempos y permite identificar errores de forma más rápida, ya que permite evaluar los proyectos desde una perspectiva más real y precisa.

Permite incluir en el proyecto gran cantidad de información sobre las propiedades, características y detalles de todos los elementos del proyecto en cualquiera de sus niveles. Es una gran ventaja de cara a la planificación de presupuestos.

Permite evaluar el terreno geográfico, el impacto energético, la iluminación y otro tipo de elementos, algo que se está demandando mucho en el mercado actual por parte de las empresas e instituciones del sector.

- **Inconvenientes.**

Necesidad de aprendizaje y formación.

Necesidad de software específico.

Su integración no será total hasta que el mercado se prepare y dé el paso al formato digital, por lo que habrá empresas que no aprovechen todos los aspectos positivos del BIM y lo combinen con otras metodologías.

En empresas con numerosos equipos puede ser costoso y poco efectivo el que sus empleados deban requerir de un ordenador en todo momento.

3.1.3. Dimensiones del BIM. (Pilar Merchán, 2018).

La utilidad del BIM se extiende a lo largo de todas las fases de un proyecto, desde el diseño hasta la administración de los datos de un edificio a lo largo de su ciclo de vida.

En los últimos años, en la construcción se ha añadido este tipo de modelos con información integrada de forma gradual, ya que aportan grandes beneficios y ahorran costes en el proceso.

Con el término dimensión, hablamos de la forma en que ciertos tipos de datos están vinculados a un modelo de información. Con cada dimensión se establece una visión más compleja del proyecto. No hay un consenso global en cuanto al número de dimensiones del BIM, aunque en la mayoría de las fuentes se habla de 7 dimensiones.

- **2D.** Constituye los dibujos y especificaciones del proyecto de forma automática y paramétrica con resultados en 3D.
- **3D.** Visualización y coordinación del proyecto. Esto es la base de cualquier proyecto BIM.
- **4D.** Planificación de los datos para que los distintos agentes o participantes del proyecto puedan extraer y visualizar la información durante todo el ciclo del proyecto. Esto favorece la detección de conflictos y el control de cambios
- **5D.** Estimación de costes (presupuestos).
- **6D.** Sostenibilidad energética.
- **7D.** Seguimiento y mantenimiento del edificio a lo largo de su ciclo de vida:
 - Obtener piezas de repuesto.
 - Optimizar el ciclo de vida.



- Gestionar el mantenimiento.
- Administrar espacios e instalaciones.

3.1.4. Marco legislativo del BIM. (BIMnD , 2019).

El Ministerio de Fomento de España lidera este proceso con la ayuda de la Subsecretaría de Fomento, promocionando la iniciativa es.BIM con el fin de facilitar e informar sobre los procesos de implantación del BIM en España. Calendario referente a la implantación de BIM en España:

- Mayo 2010. Agenda Digital para Europa. Su objetivo es dirigir a Europa a un mercado único con un crecimiento inteligente, sostenible e integrador. (Documento: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=LEGISSUM%3Aasi0016>).
- Febrero 2014. Directivas Europeas EU 23 y 24 de licitación. Establece una directiva para la contratación pública. (Documento: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=uriserv:OJ.L_.2014.094.01.0065.01.SPA).
- Febrero 2015. Manifiesto BIMCAT. Contiene la hoja de ruta de implantación del BIM en Cataluña. (Documento: <https://www.buildingsmart.es/2015/02/19/manifiesto-bim-cat/>).
- Junio 2015. Estrategia Nacional BIM esBIM. Tiene como objetivo posicionar a España como referente mundial en el uso del BIM. (Documento: <https://www.esbim.es/es-bim/organizacion/>).
- Noviembre 2017. Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo. Su objetivo es impulsar la creación de valor, la innovación y el crecimiento. (Documento: <http://www.eubim.eu/wp-content/uploads/2018/02/GROW-2017-01356-00-00-ES-TRA-00.pdf>).
Se transpone al ordenamiento jurídico español mediante la Ley de Contratos del Sector Público. (Documento: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2017-12902>).
- Marzo 2018. Ley de Contratos del Sector Público. Se crea una comisión interministerial para incorporar criterios sociales en la contratación pública. (Documento: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2019-1368>).
- Junio 2018 Libro Blanco de las Administraciones Públicas. Establece la estrategia de implantación del BIM en Cataluña (Documento: https://itec.cat/docs/pdf/libro_blanco_bim.pdf).
- 17 de diciembre de 2018. Obligación de ejecutar todos los proyectos constructivos de edificación con financiación pública en BIM.
- 26 de julio de 2019. Obligación de ejecutar todos los proyectos de infraestructuras con financiación pública en BIM.

Todos los proyectos de edificación (de más de dos millones de euros) con financiación pública deberían estar implantados en BIM desde el pasado 18 de diciembre de 2018. Las previsiones del Ministerio de Fomento y del sector público son que se irá realizando de forma parcial desde el 2019, cumpliendo con la Directiva 2014/24/UE.



Los objetivos para 2020 son que todos los equipamientos e infraestructuras públicas de proyectos de obra nueva y rehabilitación se presenten en BIM.

3.1.5. Revit. (Autodesk Revit, 2018).

Autodesk Revit es un software de diseño inteligente de modelado BIM utilizado para ingeniería y arquitectura, facilitando todo el proceso de trabajo. Todo el modelado se realiza con objetos inteligentes (familias paramétricas) con resultados en 3D sobre la marcha en todos los niveles.

En Revit se modela en 3D de forma virtual en base a familias (objetos) de muros, puertas, etc, de distintos materiales, almacenando toda esa información en una base de datos relacional. Los cambios del proyecto se muestran con la última versión trabajada de forma automática, agilizando el tiempo de trabajo y minimizando los errores.

Revit permite:

- **Diseñar.** Elaborar un proyecto desde cero con modificaciones en cualquiera de las fases del ciclo de vida del mismo de forma simultánea y permitiendo análisis energéticos, calcular áreas, etc.
- **Colaborar.** Permite trabajar a distintos agentes de manera unificada en un mismo proyecto, coordinando además las distintas versiones trabajadas para ofrecer la última versión actualizada de forma simultánea para varios profesionales en un mismo archivo.
- **Visualizar.** Debido a la simulación 3D permite visualizar los resultados de una forma más real. (Autodesk, 2018)

Además de Revit, hay otros software basados en la tecnología BIM de gran importancia en la actualidad: (ZIGURAT GLOBAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 2018).

- **ArchiCAD (Graphisoft).** En la segunda solución BIM más utilizada en el sector. Tiene una interfaz intuitiva y una gran flexibilidad en el modelado de un proyecto. Se inició destinado para la plataforma Mac, por lo que no necesita de la instalación de Windows. La diferencia entre Revit y ArchiCAD se reduce a los gustos o preferencias del usuario.
- **Allpan (Nemetschek).** Es de origen alemán y se define como un sistema CAD que está orientado a BIM, ya que contiene flujos de trabajo en 2D. Su cantidad de usuarios es mucho menor que en Revit y ArchiCAD.
- **AECOSim Building Designer (Bentley Systems).** Al igual que Revit para AutoCAD, este es el sucesor del BIM de Bentley para Microstation. Tiene la gran ventaja de facilitar y agilizar el uso de los datos en proyectos grandes, lo que en otros programas provocaría que se colapsaran. A diferencia de Revit y ArchiCAD, que se orientan sobre todo en la arquitectura, AECOSim está orientado en mayor parte a los flujos de trabajo, es decir, en el ciclo de vida completo de un proyecto.



3.1.6. Niveles de desarrollo de un proyecto (LOD). (Imasgal, s.f.)

A la hora de analizar la calidad y desarrollo del BIM hay que conocer los LOD (Level of Development o Nivel de Desarrollo), que indica el grado o escala de desarrollo de un proyecto en volumen de trabajo desde el punto de vista del modelado y la información.

No hay que confundir el Nivel de Desarrollo (LOD) con el Nivel de Detalle, ya que este último indica la cantidad de grafismo de un modelo. Esta es la gran diferencia entre CAD y BIM, ya que CAD solo permite modelar y llegar a un alto Nivel de Detalle, mientras que los modelos BIM extraen mucha más información. Hay distintos LOD, como podemos ver en la Figura 1 y como se describe a continuación:

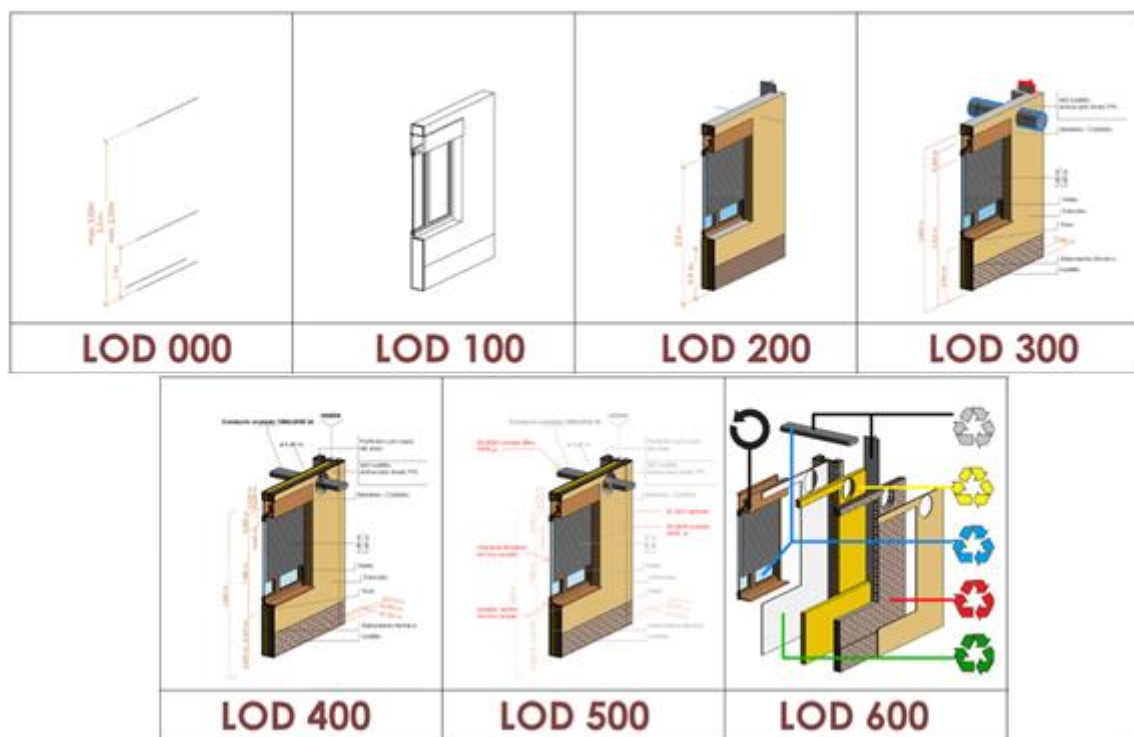


Figura 1. Niveles de Desarrollo (LOD). (Fernández, s.f.).

- **LOD 100.** Es el nivel básico donde se enumeran los elementos conceptuales del proyecto, aunque no es necesario su definición geométrica. Un elemento puede estar bien definido geométricamente, pero sin embargo no contener información. Muchos elementos, aun estando en fases muy avanzadas del proyecto, suelen permanecer en esta fase.
- **LOD 200.** Se definen los elementos de forma gráfica, especificando cantidades, tamaños, forma y/o ubicación respecto al proyecto. Se corresponde con los proyectos básicos de ingeniería y arquitectura.
- **LOD 300.** Se definen de forma precisa cantidades, tamaños, forma y/o ubicación respecto al proyecto. Se corresponde con el nivel de desarrollo de un proyecto de ejecución.



- **LOD 400.** Se añade información sobre la posición, uso, montaje, dimensiones, forma, ubicación y orientación con detalle al objeto ya definido geométricamente. Corresponde al nivel de ejecución, donde irán surgiendo cambios durante el proyecto.
- **LOD 500.** Se corresponde con el nivel de proceso constructivo ya finalizado “as built”. Combina la información de todos los anteriores. Se incluye información no gráfica asociada a los elementos.
- **LOD 600.** El elemento objeto no está definido geométricamente en detalle, pero sí sus condiciones de reciclado (vida útil, toxicidad, etc). Se basa principalmente en la información no gráfica asociada al elemento.

Conocer estos niveles es fundamental a la hora de afrontar un nuevo proyecto.

3.2. Láser escáner terrestre.

El láser escáner terrestre es un dispositivo de captura de datos masivos que genera una nube de puntos tridimensional a partir de un rayo de luz que mide distancias y ángulos sobre áreas preseleccionadas. Tiene la ventaja que incorpora cámaras fotográficas. (De Topografía, 2012).

Su funcionamiento es similar al LiDAR, salvo que el láser escáner debe ir montado en un trípode, limitando su uso. Es una tecnología en desarrollo, pero se puede considerar como el futuro de la topografía, ya que tiene un potencial altísimo, capturando todo lo que exista en la realidad mediante puntos tridimensionales. (De Topografía, 2012).

Hay dos tipos de sensores láser en topografía: (De Topografía, 2012).

- **De corto alcance.** Se utiliza para objetos cercanos y de tamaño limitado.
- **De largo alcance.** Tiene una medición menor debido a la distancia.

En topografía ha tomado gran importancia ya que tiene un valor añadido respecto a las demás aplicaciones tradicionales como levantamientos topográficos, túneles, etc.

Además de topografía tiene más aplicaciones, que podemos englobarlas en las siguientes: (De Topografía, 2014).

- **Topografía y territorio.** Es un método que aporta gran cantidad de información del terreno y se utiliza desde levantamientos hasta controles de presas.
- **Túneles.** El registro masivo de datos permite el control y registro de la superficie perforada con alta precisión.
- **Levantamiento de fachadas.** La captura de imágenes hace que se consigan modelos de las fachadas acordes a la realidad y con detalles que no se pueden obtener con otras tecnologías.
- **Patrimonio.** Es una solución eficaz para el control de los elementos de patrimonio debido a su alta precisión en la captura de puntos, mejorando la documentación de los bienes patrimoniales.



4. Localización y situación del edificio.

El edificio Rectorado o B1 fue construido en 1994 (fecha de terminación de obras) (Universidad de Jaén, s.f.) y está situado en el campus de “Las Lagunillas” de la Universidad de Jaén. En la Figura 2 tenemos una vista aérea del edificio en cuestión desde la entrada principal.



Figura 2. Vista aérea edificio B1 (Rectorado) desde la entrada principal. (Universidad de Jaén, s.f.)

Este edificio ha sufrido distintas modificaciones y contiene áreas en desuso, las cuales presentan un estado derruido y abandonado. Además, en las zonas limítrofes de dicho edificio se puede vislumbrar como hay hundimientos del terreno y deformaciones.

Por todo esto, es un edificio ideal para realizar un estudio dimensional y comprobar las posibles deformaciones que se pueden ver a simple vista o que puedan estar reflejados en los planos.

El edificio B1 está compuesto por un total de cinco plantas y un sótano en las que se encuentran los siguientes servicios de la Universidad de Jaén: (Universidad de Jaén, s.f.).

- Sótano.
- Planta baja.
 - Vicerrectorado de Investigación.
 - Vicerrectorado de Profesorado y Ordenación Académica.
 - Vicerrectorado de Relaciones con la Sociedad e Inserción Laboral.
 - Servicio Jurídico.
 - Servicio de Investigación.
 - Oficina de Transferencia de Resultados de la Investigación.
 - Área de Prevención de Riesgos Laborales.
 - Servicio de Información y Asuntos Generales.
 - Información.
 - Registro.
 - Tratamiento de la Correspondencia.



- Sala de juntas.
- Conserjería.
- Oficina de Objetos Perdidos.
- Primera planta.
 - Secretaría General.
 - Gerencia.
 - Vicerrectorado de Tecnologías de la Información y la Comunicación e Infraestructuras.
 - Vicerrectorado de Enseñanzas de Grado, Postgrado y Formación Permanente.
 - Vicerrectorado de Estudiantes.
 - Vicerrectorado de Internacionalización.
 - Vicerrectorado de Proyección de la Cultura, Deportes y Responsabilidad Social.
 - Servicio de Personal y Organización Docente.
 - Unidad técnica: Servicio de Obras, Servicio de Mantenimiento y Vigilancia de las Instalaciones.
 - Servicio de Planificación y Evaluación.
- Segunda planta.
 - Rectorado.
 - Gabinete del Rector.
- Tercera planta.
- Cuarta planta.
- Quinta planta.

Situado en la zona noroeste del campus, delimita al norte con la carretera Bailén-Motril, al oeste con la carretera de Madrid y la calle de Ben Saprut, y al sureste con la Biblioteca y el aparcamiento del Aula Magna. En la Figura 3 podemos ver su ubicación en el mapa de carreteras (obtenido de Google Maps):



Figura 3. Ubicación del edificio B1 (Rectorado) en el mapa de carreteras de Google Maps.



Datos relativos al edificio: (Universidad de Jaén, s.f.)

- Superficie útil: 3991.71 m².
- Superficie construida: 4482,49 m².
- Latitud: 37,7891 °.
- Longitud: -3,7802 °.
- Fecha de finalización de obras: 1994.

5. Fases del proyecto.

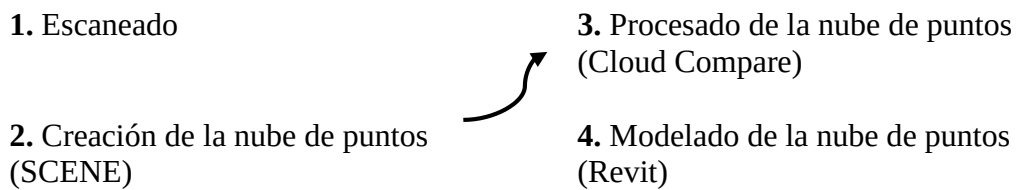


Figura 4. Fases del proyecto realizadas por el ingeniero BIM.

En el Anexo II (Diagrama UML del proyecto) tenemos un diagrama UML completo que describe las fases del proceso seguido para realizar este proyecto desde que se planifica el mismo hasta que se le entregan los resultados al cliente.

5.1. Instrumentación.

Antes de entrar en detalle con cada una de las fases del proyecto, en este apartado se describirá brevemente tanto la instrumentación como el software utilizados para el desarrollo del mismo:

- **Estación FARO Focus modelo X130.** Se utiliza para la toma de datos del exterior del edificio, con los que se formará después la nube de puntos. Este láser escáner es un potente escáner 3D de alta velocidad que proporciona resultados con detalles precisos y acordes a la realidad. Los datos capturados pueden exportarse fácilmente para su uso en software y obtener resultados en 3D para su uso común en distintas ramas de la ingeniería. Algunas de sus características son:
 - Superposición fotográfica que permite una exploración de gran precisión con imágenes en colores auténticos.
 - Exploración de rango medio hasta 130 metros.
 - Posicionamiento sencillo con GPS integrado.
 - Extra portátil. Debido a su pequeño tamaño y peso es fácil de transportar.
 - Resolución fotográfica de alta definición. (FARO Technologies Inc, 2016)
- **Software SCENE.** Este software sirve para el procesamiento de los datos obtenidos por la estación FARO, ya que es un software propio de esta estación. Procesa y administra los datos del escaneado de forma sencilla con reconocimiento automático de objetos. (FARO Technologies Inc, s.f.).



- **Cloud Compare.** Software de código abierto (FOSS) que nos permite editar la nube obtenida en el programa anterior y acondicionarla para los pasos posteriores. Es una herramienta muy útil para recuperar valores RGB de un punto concreto o calcular distancias entre puntos conociendo las coordenadas y sus valores. (Pereira, 2012).
- **Revit 2017.** Software de Autodesk obtenido mediante la versión de estudiante con el que se realizará la mayor parte del procesado y modelado de la nube de puntos y con el que se obtendrán los resultados finales del modelo BIM. Utiliza objetos inteligentes con resultados en 3D de forma automática en todos los niveles del modelo. (Autodesk Revit, 2018).
- **Re-cap PRO 2017.** Software de Autodesk obtenido mediante la versión de estudiante que nos permite hacer transformaciones de formato para los distintos archivos que utilizaremos de un programa a otro. ReCap es una aplicación inteligente que crea modelos 3D a partir de información capturada o escaneada. (3D CAD Portal, 2013).
- **AutoCAD 2018.** Software de Autodesk obtenido mediante la versión de estudiante con el que se crean distintos contornos en 2D para el proyecto y con el que se visualizan los planos proporcionados por la Universidad de Jaén. Es un programa de CAD de 2D y 3D con el que se pueden crear archivos del formato DWG (propietario de Autodesk). Es el programa pionero de la tecnología CAD. (3D CAD Portal, s.f.).
- **Cámara Huawei P9 Gold.** Cámara de Smartphone utilizada para la captura de imágenes de la realidad con doble sensor Sony IMX286 y 12 megapíxeles.



5.2. Escaneado.

En este proyecto se ha realizado el escaneado de la zona exterior del edificio B1 (Rectorado) con un total de 27 estaciones con la siguiente distribución, que podemos visualizar en la Figura 5, donde además se presentan las distintas zonas en las que se dividió, de forma que se pudiera medir su totalidad en distintas jornadas de trabajo:

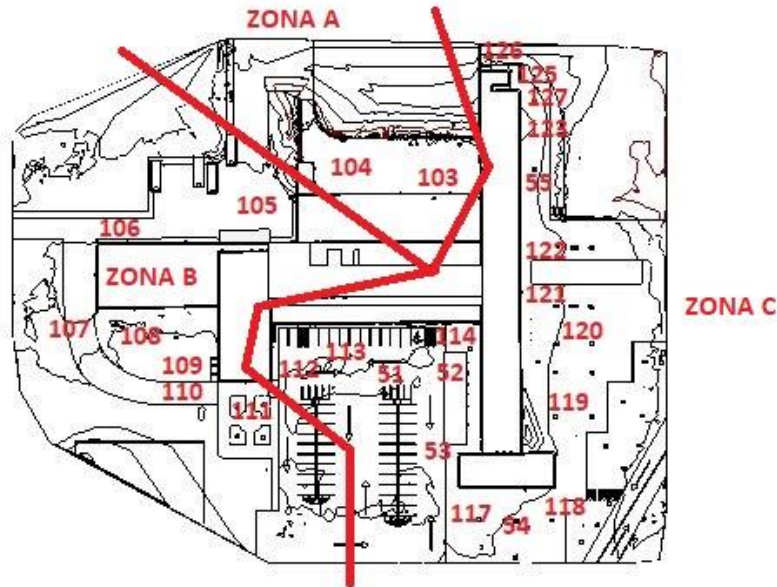


Figura 5. Distribución de las estaciones y zonas de medida.

En el Anexo I (Reseñas de las estaciones) podemos encontrar información sobre cada una de las estaciones utilizadas en el proceso de medida. Se realizaron las medidas en 5 jornadas:

- 23.11.2018. Jornada de prueba.
- 30.11.2018. Medida de las zonas A y B.
- 10.12.2018. Medida de la zona C1. Esta zona corresponde a la primera mitad de la zona C, contigua a la zona B.
- 11.12.2018. Medida de la zona C2. Esta zona corresponde a la segunda mitad de la zona C, contigua a la zona A.
- 30.01.2018. Estaciones adicionales. Tras comenzar el procesado y enlazar las nubes de puntos de cada estación, se tuvo que realizar una nueva jornada para suplir distintas imprecisiones en las anteriores estaciones. Este apartado lo comentaremos más extensamente en el siguiente punto.

A la hora del proceso de medida, se tomaron precauciones tales como actualizar la brújula manualmente en cada estación o elegir zonas horarias comunes en las distintas jornadas de medida realizadas.

Los datos introducidos en la configuración de la estación FARO Focus X130 fueron:

- Nombre del proyecto. B1_BIM_RMG.
- N° escaneo inicial. 101 en las primeras jornadas y 51 en la jornada adicional de medidas.
- Latitud. 37,7891°.
- Perfil. Exterior más de 20 m alta densidad.
 - o Duración escaneo [mm:ss]. Aprox. 05:06.
 - o Tamaño del escaneo [pto]. 5120 x 2134.
 - o Megaptos. 10,9.
 - o Distancia de puntos [mm/10m]. 12,272.
- Sensores. Todos activos.
- Escaneo en color.
- Tamaño del archivo de escaneo [MB]. Aprox. 174,77.
- Tamaño del escaneo [Pto]. 10240 x 4410.

5.3. Creación de la nube de puntos (SCENE).

Tras la medida de los puntos, se procede a importar los datos de la estación FARO para procesarlos con el programa SCENE de FARO. Una vez importados los datos se procede a generar la nube de puntos.

Para generar la nube de puntos se crean distintos clústeres agrupando los datos de cada una de las estaciones de forma correlativa hasta hacer un ciclo cerrado y obtener la nube final completa. En la Figura 6 podemos ver un ejemplo de la fase de marcar objetivos para formar los clústeres.



Figura 6. Marca de objetivos para los clústeres en SCENE.

Un clúster se forma de forma automática tras seleccionar puntos homólogos entre cada nube independiente de cada estación (mínimo tres puntos homólogos), obteniendo como resultado una nube compuesta de ambas estaciones en 3D. Durante el proceso se seleccionan planos comunes del suelo para crear una superficie topográfica más real en los pasos posteriores.

Hubo distintas dificultades en el proceso a la hora de encontrar elementos homólogos debido a artefactos como podrían ser árboles, personas o vehículos, a lo que se añade una zona quemada por el sol, la cual no contenía puntos visibles a priori (ya que utilizábamos nubes en color). Por tanto, se procedió a realizar la última jornada de medidas para suplir estos fallos, incluyendo el procesado de la zona quemada por el Sol pero, en este caso, en blanco y negro, permitiendo identificar fácilmente los puntos comunes. Aun utilizando una estación con puntos en blanco y negro, al tener las demás en color no tenemos problema en el resultado final, en cuanto a colores reales se refiere.

Una opción diferente a este caso hubiera sido eliminar los artefactos de las medidas independientes de cada estación con SCENE. Se prefiere realizar de esta forma y luego eliminar los artefactos con Cloud Compare, lo que ahorra tiempos de trabajo, ya que eliminar los artefactos en cada medida lleva más tiempo. Todo esto teniendo en cuenta que ya había que realizar medidas de la zona quemada y había que estacionar igualmente.

La secuencia de estaciones utilizada para crear la nube o clúster final es:

103 – 104 – 105 – 106 – 107 – 108 – 109 – 110 – 111 – 112 – 113 – 51 – 114 – 52 – 53 – 117 – 54 – 118 – 119 – 120 – 121 – 122 – 55 – 132 – 127 – 125 – 126

Al obtener el clúster final se utiliza el radio de búsqueda medio (por defecto) para eliminar posibles puntos repetidos y se aplica una compensación del color para obtener un resultado más acorde con la realidad. El resultado podemos visualizarlo en la Figura 7 desde el Norte y en la Figura 8 desde el Este.

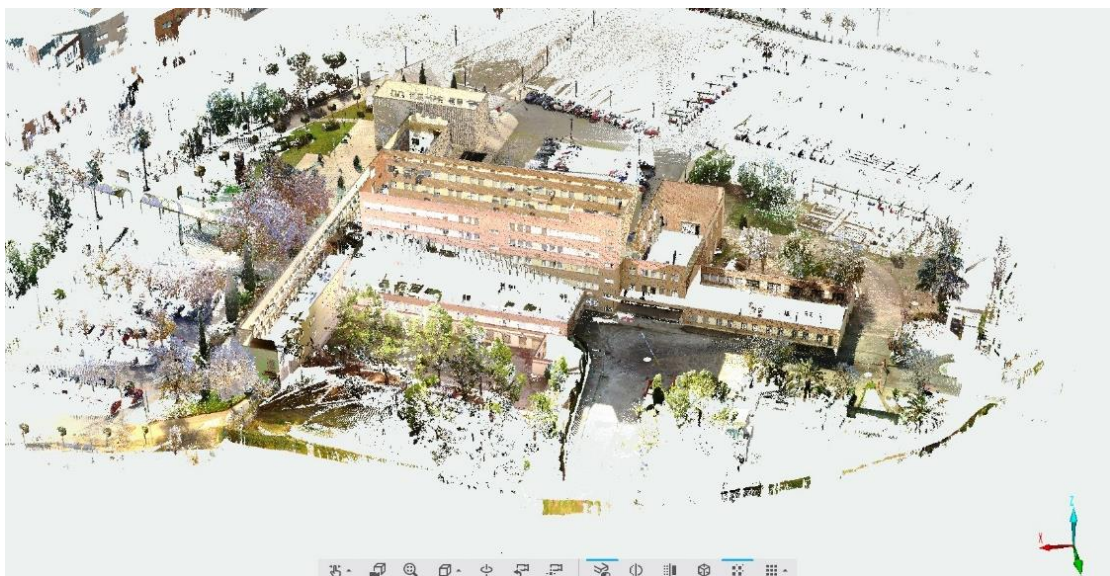


Figura 7. Clúster final visto desde el Norte en SCENE.





Figura 8. Clúster final visto desde el Este en SCENE.

Después, se recorta la zona de estudio para reducir el número de puntos y suprimir los que no son necesarios. De esta forma reducimos el peso de los archivos resultantes, eliminamos artefactos y puntos lejanos obtenidos en campo, ya que incluyen tanto información espacial como radiométrica. Todo ello con el fin de facilitar la carga y manejo en los siguientes apartados y software utilizados. En la Figura 9 vemos un ejemplo de selección de elementos a eliminar.

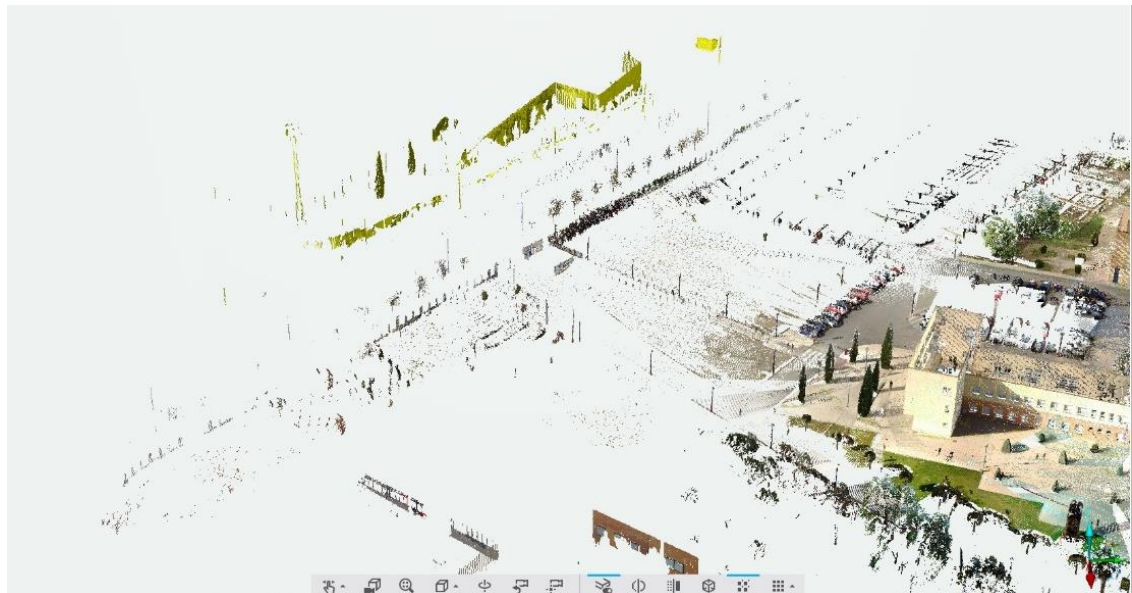


Figura 9. Selección de elementos para eliminar en SCENE.

Finalmente, el resultado final, que podemos visualizar en la Figura 10 se exporta la nube en el formato .e57, un formato compacto y neutral que es compatible con infinidad de programas. (LibE57, s.f.).

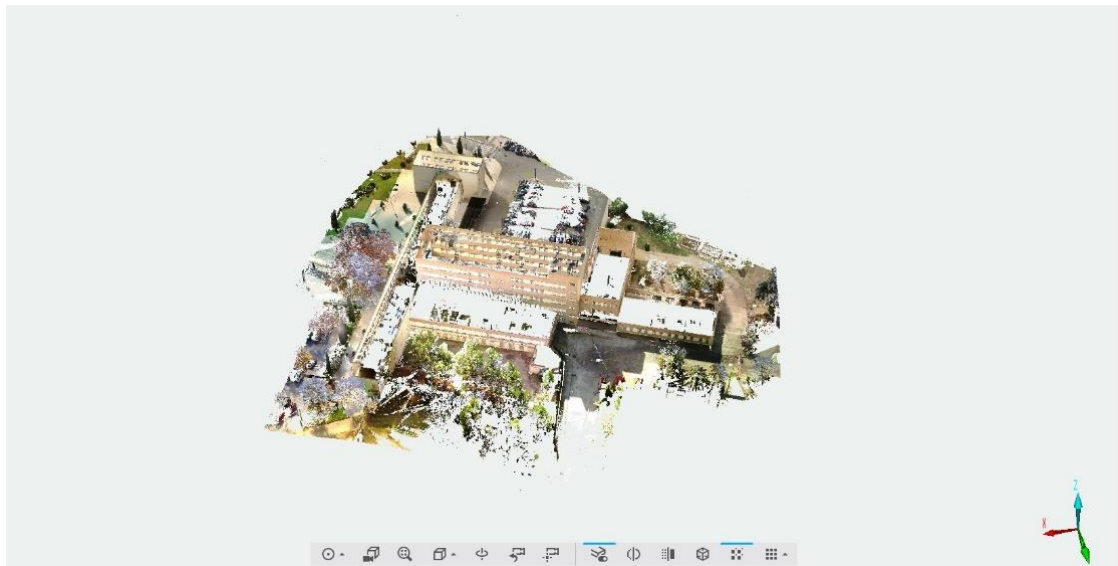


Figura 10. Resultado final de SCENE.

5.4. Procesado de la nube de puntos (Cloud Compare).

Con la nube de puntos obtenida en el paso anterior, creamos con Cloud Compare dos partes o nubes distintas, por un lado el recorte del edificio (Figura 11) y, por otro lado, el suelo desnudo del exterior (Figura 12). Para esto, en primer lugar se recorta la nube para separar el edificio del suelo y, en segundo lugar, el suelo es recortado de nuevo dejándolo sin artefactos (cuando hablamos de artefactos queremos decir árboles, personas, vehículos, farolas, etc), ya que no se necesitan para crear la superficie del terreno, denominada como superficie topográfica por el software Revit. Podemos visualizar estos artefactos en la Figura 13.



Figura 11. Edificio recortado en Cloud Compare.

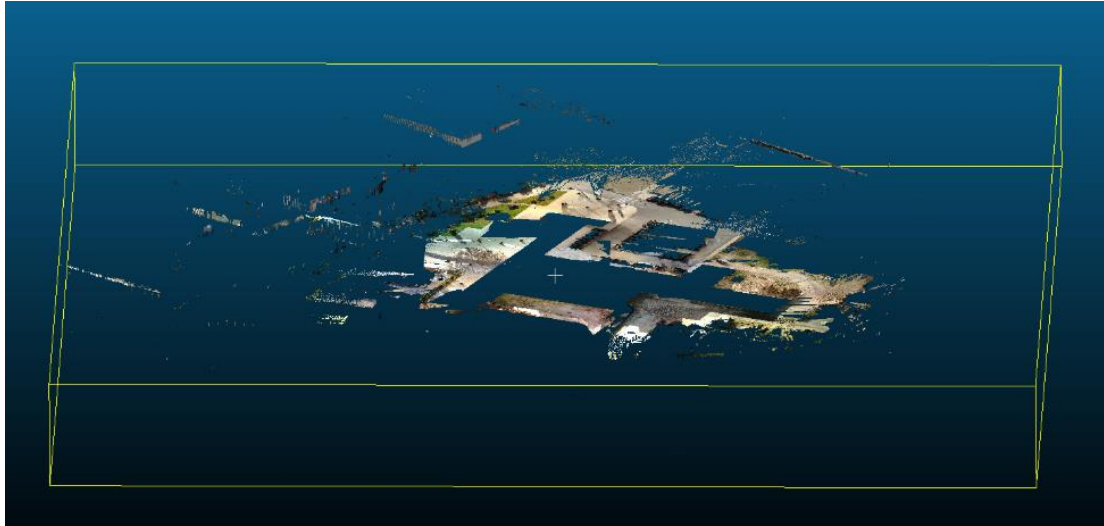


Figura 12. Suelo desnudo recortado en Cloud Compare.

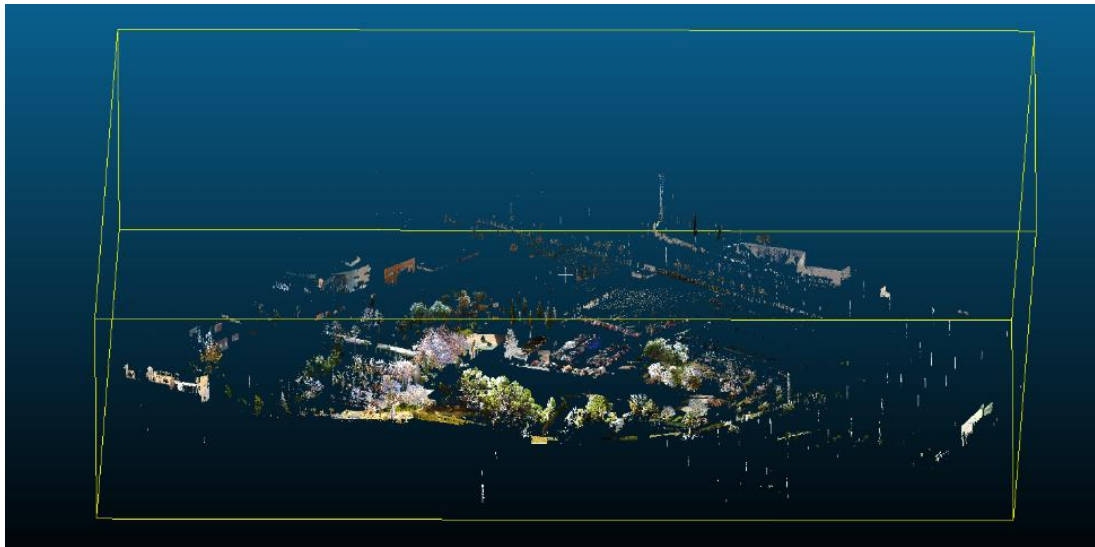


Figura 13. Artefactos del suelo recortados en Cloud Compare.

Posteriormente, al edificio recortado le aplicamos una serie de recortes con cuadros de recorte para eliminar artefactos más específicos como personas en la entrada principal (Figura 14) o asomadas al tejado (Figura 15) y una nube extraña producida tras la alineación en SCENE (Figura 16). Esta nube puede estar producida por reflejos del sol o por pájaros que pudieran pasar en el momento de la toma de datos.



Figura 14. Personas en la entrada principal del Este en Cloud Compare, marcadas con un círculo.



Figura 15. Personas asomadas al tejado, visto desde el Sur en Cloud Compare, marcadas con un círculo.



Figura 16. Nube de puntos extraña, visto desde el Sur en Cloud Compare, marcada con un círculo.

Finalmente, reducimos la cantidad de puntos de cada una de nuestras dos nubes de puntos por separado, obteniendo lo siguiente:

- Recorte edificio: 9.785.346 puntos.
- Suelo desnudo: 13.223.925 puntos.

Los resultados se exportan en .e57.

5.5. Modelado de la nube de puntos (Revit).

- | | |
|---|--|
| 1. Importar nube de puntos del edificio | 9. Muros y columnas |
| 2. Ángulos de rotación | 10. Rejillas en alzados |
| 3. Niveles | 11. Ventanas, puertas y elementos de detalle |
| 4. Silueta del edificio y nube de puntos del exterior | 12. Elementos del exterior |
| 5. Superficie topográfica | 13. Regiones de la superficie topográfica |
| 6. Cota cero | 14. Materiales |
| 7. Rejillas en planimetría | 15. Luminarias |
| 8. Plataforma de construcción | |
-
- A curved black arrow originates from the right side of step 8, 'Plataforma de construcción', and points towards step 9, 'Muros y columnas', indicating a sequential flow in the modeling process.

Figura 17. Fases del proceso de modelado en Revit.

Siguiendo las fases de la Figura 17, que resumen el proceso realizado en Revit, primero, importamos la nube de puntos del edificio recortado en formato .rcp (ya transformado en Re-cap).

Una vez tenemos el edificio, nos vamos a los alzados para poder colocar los niveles y distribuir nuestro edificio en distintas plantas. Nos encontramos con el problema de que no se identifican correctamente las plantas y se utiliza un conjunto de datos LiDAR descargados del PNOA para visualizar mejor el problema. Tras analizar los datos y acercarnos de nuevo a la zona de estudio para verlo desde la realidad in-situ, descubrimos que el edificio está deformado y hundido (Figura 18), una posible causa de que los niveles no fueran paralelos ni fáciles de identificar.



Figura 18. Deformaciones del edificio, visto desde el Noroeste.

Calculamos los ángulos de rotación del edificio en los tres ejes X, Y, Z y obtenemos como resultado que los niveles ya coinciden en paralelo al aplicar los giros al edificio. Con ayuda de los datos LiDAR colocamos los niveles dejando un margen para los muros que delimitan el techo de las plantas con un desfase sobre el nivel como podemos ver en la Figura 19. Todos estos cálculos se especifican en detalle más adelante.

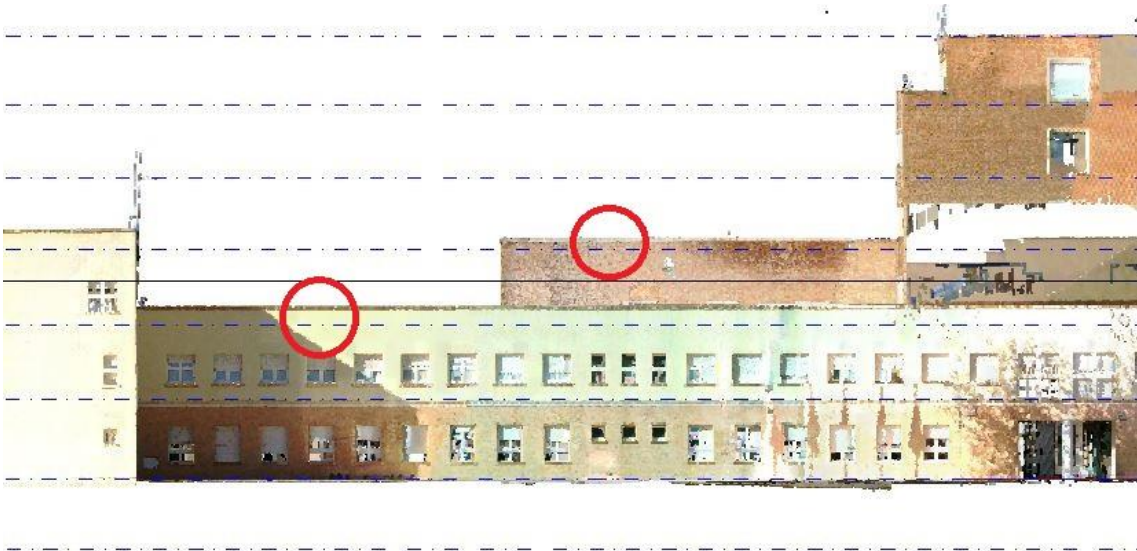


Figura 19. Niveles del edificio con líneas de nivel marcadas con un círculo.

Para colocar el suelo desnudo, creamos en AutoCAD la silueta del edificio sobre esta capa de puntos y la cargamos de origen a origen. Una vez tenemos la silueta (importada en .dxf) creamos la superficie topográfica con la capa del suelo desnudo en .txt (transformada en Re-cap) y la alineamos con el edificio ayudándonos de la silueta creada en AutoCAD. Hay que destacar que realmente debería llamarse superficie del terreno, pero en Revit se llama superficie topográfica. En la Figura 20 podemos ver la silueta que hemos utilizado.

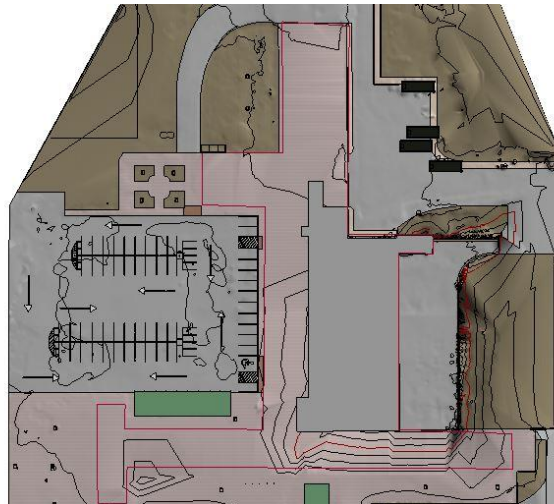


Figura 20. Silueta del edificio.

Tras tener el edificio y la superficie topográfica nos disponemos a modelar:

- Marcamos la cota cero del proyecto para que el nivel de sótano sea de cota 0,000 metros.

- Establecemos una red de rejillas para servirnos de base para construir los muros y elementos del modelo, ya que los ángulos no son rectos y esto nos ayuda a minimizar errores y seguir la línea de la rejilla al construir.
- Creamos la plataforma de construcción con el nivel del sótano, lo que nos permitirá construir a partir de plantas niveladas una encima de otra.
- Ayudándonos de los planos de AutoCAD proporcionados por la Universidad de Jaén, levantamos el edificio con todos sus muros. Para los muros exteriores se utiliza la nube de puntos y para los muros interiores se utilizan los planos, tomando como base los muros exteriores en caso de dudas, ya que se crean a partir de la nube de puntos, que es el resultado de nuestras mediciones.

Este proceso contiene una serie de irregularidades, ya que los planos no coinciden entre sí ni con la nube de puntos, por lo que en la primera planta hay que levantar los muros siguiendo los muros de la planta baja y teniendo de referencia las ventanas. De esta forma, fijándonos en los planos, pero sin superponerlos, establecemos los muros de la forma más exacta posible, ya que superponiéndolos es imposible levantarlos de la forma correcta. Esto se comentará en más detalle en puntos posteriores.

- Siguiendo los planos en la medida de lo posible, se colocan las columnas y elementos de detalle del interior del edificio.
- Con ayuda de la nube de puntos, establecemos distintas rejillas verticales en los alzados para colocar las ventanas, puertas y elementos de detalle.
- Una vez modelado el edificio, añadimos distintos detalles del exterior del mismo y de la superficie topográfica, como serían farolas, vegetación, etc.
- Para la superficie topográfica, además de los elementos de detalle, establecemos distintas regiones para poder añadir materiales diferentes y crear un mayor realismo. Después, recortamos la zona de la superficie topográfica para obtener un resultado específico de la zona de estudio.
- Finalmente, para seguir la metodología BIM y dotar de mayor realismo a nuestro modelo, añadimos las luminarias del interior y exterior del edificio y establecemos los materiales de cada uno de los elementos del modelo utilizando fotografías de la realidad. En apartados posteriores se entrará en mayor detalle tanto en los materiales como en las luminarias.
- El resultado final podemos visualizarlo en la Figura 21.



Figura 21. Modelo 3D final de Revit del edificio.

Todo este proceso completo, con mayor detalle, se puede ver en los documentos adjuntos, concretamente en el Anexo VI (Guía rápida de Revit para ingenieros), una elaboración propia donde se explica cada paso en detalle, mostrando una visión sencilla y práctica de como familiarizarse con el entorno BIM de Revit con exitosos resultados.

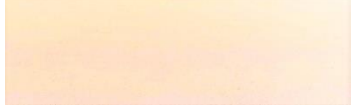
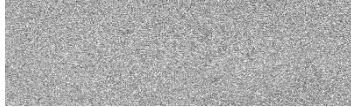
El resultado final se puede ver con mayor detalle en el apartado de renderización y resultados. No obstante, hay que resaltar, que al realizar los giros en altimetría y colocar el edificio en posición correcta, se realzan los hundimientos o deformaciones por los que se realiza el estudio de este edificio, puesto que de no haber realizado los giros, estas zonas del terreno deberían coincidir con el nivel del edificio hundido. Tenemos un ejemplo de esto en la Figura 22, en la que se ha realizado un render de ejemplo para mostrar el hundimiento que tiene el edificio en esta zona tras realizar los giros, ya que el borde del suelo no coincide con el límite del muro.



Figura 22. Hundimientos del edificio visualizado con render.

5.6. Materiales.

Para los materiales de los elementos del modelo se han utilizado una serie de pinturas creadas a partir de materiales por defecto de Revit pero que ahora incluyen fotografías de la realidad, dotando de un mayor realismo al elemento al aplicar los renders. Se han tenido en cuenta solo los materiales del exterior, ya que el interior se ha modelado en base a los planos y no hay referencia exacta del material de cada elemento.

Pintura editada	Pintura base	Fotografía	Descripción
Gravilla_tierra BIM_B1	Tierra		Para las zonas de tierra y vegetación se ha utilizado una base de material de tierra, añadiendo con la foto el aspecto de gravilla.
Ladrillo exterior BIM_B1	Ladrillo hueco		Para los muros se ha utilizado una base de ladrillo, con la diferencia de que hay un tipo de muro que lleva recubrimiento de yeso.
Enlucido yeso BIM_B1	Enlucido blanco		
Asfalto BIM_B1	Asfalto		Para el asfalto y la hierba, se han utilizado los materiales cuyos nombres indican respectivamente.
Hierba BIM_B1	Hierba		
Suelo exterior BIM_B1	Mortero de una capa		Para los suelos se han utilizado distintas cubiertas de tipo genérico
Suelo peatones BIM_B1	Cubierta por defecto		
Suelo trasero exterior BIM_B1	Cubierta por defecto (1)		
Peldaños exterior BIM_B1	Genérico		Para el tejado del parking y de la entrada principal, se ha utilizado una clase de sistema genérica pero de aspecto metalizado.
Columnas verdes BIM_B1	Fase nueva		

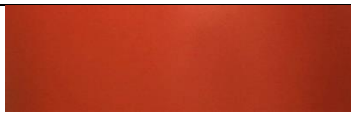
Columna entrada BIM_B1	Hormigón – Bloques		Para las columnas se ha utilizado una base de hormigón
Columna interior BIM_B1	Hormigón plataforma		

Tabla 1. Tabla de pinturas.

5.7. Incertidumbre a posteriori.

En cuanto a incertidumbres, analizaremos solamente la incertidumbre a posteriori, ya que no tenemos una especificación de la precisión necesaria para un estudio a priori. Tras elaborar el modelo, establecemos la incertidumbre a posteriori para asegurar la precisión del resultado final con una aproximación del error, ya que no nos basamos en ninguna teoría.

Para esta incertidumbre a posteriori se analizará el método de alineación entre los escaneos realizados por cada estación. Teniendo en cuenta que se utilizan elementos comunes y cada uno tiene una precisión igual a la del instrumento se hará una composición de las estaciones en un ciclo cerrado, desde la primera a la última. Consideramos por tanto que el error se distribuye desde cualquier origen hasta la estación más lejana, es decir, dividir el error entre $\sqrt{2}$ para conseguir un resultado más preciso.

Si tenemos un total de 27 estaciones, nuestra incertidumbre a priori será:

$$(6 \cdot \sqrt{27}) / \sqrt{2} = 22,045 \text{ mm}$$

Podemos ver en las especificaciones técnicas de FARO Focus X130 que tiene un sesgo de 0,6 centímetros por punto, es decir, 6 mm. (FARO Technologies Inc, 2016).

6. Estudio dimensional y análisis de errores.

Uno de los fines de este proyecto es analizar las dimensiones reales del edificio obtenidas mediante láser escáner y las medidas que ofrecen los planos que proporciona la Universidad de Jaén, además de los posibles errores de diseño que puedan presentar los mismos. Esto se dividirá en dos partes:

- **Estudio dimensional.** Análisis de las dimensiones del edificio, examinando las áreas y perímetros junto a los ángulos y distancias entre muros.
- **Análisis de errores.** Análisis de los errores de diseño que presentan los planos respecto al modelo junto a las comisiones y omisiones.

6.1. Estudio dimensional.

Desde el punto de vista dimensional, se va a analizar nuestro edificio en dos partes, primero en cuanto a las áreas y perímetros de las plantas, para obtener un resultado aritmético de las diferencias que presentan estos planos con respecto a la realidad, y



segundo, un estudio más detallado sobre las diferencias de cota y distancia entre los muros, que den una visión más exacta de los errores que hay en dichos planos con respecto al resultado real que hemos obtenido en el modelado.

6.1.1. Áreas y perímetros.

Se presentan por un lado las áreas y perímetros calculados en Revit frente a los planos creados a partir del modelo y, por otro, las medidas realizadas en AutoCAD sobre los planos proporcionados por la Universidad de Jaén. Podemos visualizar ejemplos del proceso de obtención de estos resultados tanto en AutoCAD como Revit en el Anexo III (Áreas).

AutoCAD		
Nivel	Área (m ²)	Perímetro (m)
Sótano	975,36	174,94
Planta baja	2725,66	404,25
Primera planta	1654,45	340,86
Segunda planta	173,73	60,73

Tabla 2. Áreas y perímetros en AutoCAD.

Revit		
Nivel	Área (m ²)	Perímetro (m)
Sótano	991,97	174,81
Planta baja	2806,58	406,93
Primera planta	1730,62	344,46
Segunda planta	186,23	61,64

Tabla 3. Áreas y perímetros en Revit.

Diferencias		
Nivel	Área (m ²)	Perímetro (m)
Sótano	16,61	-0,13
Planta baja	80,92	0,68
Primera planta	76,17	3,6
Segunda planta	12,5	0,91

Tabla 4. Diferencias de áreas y perímetros.

Teniendo en cuenta el error calculado en el apartado de la incertidumbre a posteriori determinamos la tolerancia para los perímetros:

$$3,5 \cdot 22,045 \text{ mm} = 77,158 \text{ mm} = 0,077 \text{ m (se multiplica por 3,5 porque es 2D)}$$

Se puede apreciar que hay diferencias, pero estas no son demasiado elevadas, aunque como no están en tolerancia son significativas, destacando las diferencias en perímetro de la primera planta. Hay que tener en cuenta que tanto las áreas como los



perímetros se han calculado de la misma zona que abarca el plano de la Universidad de Jaén en relación al plano generado a partir del modelo. No se han tenido en cuenta las zonas que no contempla el plano, las cuales si están en la realidad, como podría ser la parte del edificio de la zona oeste contigua al parking sur de la planta baja.

6.1.2. Ángulos y distancias.

Además de analizar las áreas y perímetros, se han elaborado una serie de planos en los que podemos ver las diferencias en ángulo y distancia entre el modelo real y el plano proporcionado por la Universidad de Jaén. Se ha elaborado un plano por cada una de las plantas que presentan los planos de la Universidad de Jaén y podemos visualizarlos en el Anexo V (Planos), los cuales describiremos a continuación ayudándonos de recortes de los mismos para explicar los resultados obtenidos. Para visualizar con mayor claridad los resultados es conveniente utilizar los planos.

- **Sótano (P0).** En la Figura 23 podemos ver que en las medidas lineales del Este (A) y Norte (B) hay poca variación, por lo que coinciden bastante. En cuanto a las medidas angulares, podemos ver que en las del lado Este hay bastante coincidencia (1), pero que en las medidas del Oeste hay variaciones cercanas al grado (2, 3). Si tenemos en cuenta que hablamos del sótano y que solamente la cara norte es la que se puede medir desde el exterior como podemos ver en la Figura 24, tenemos ahí el posible motivo a estas variaciones, ya la zona contraria no se ha medido y sigue el contorno del plano.

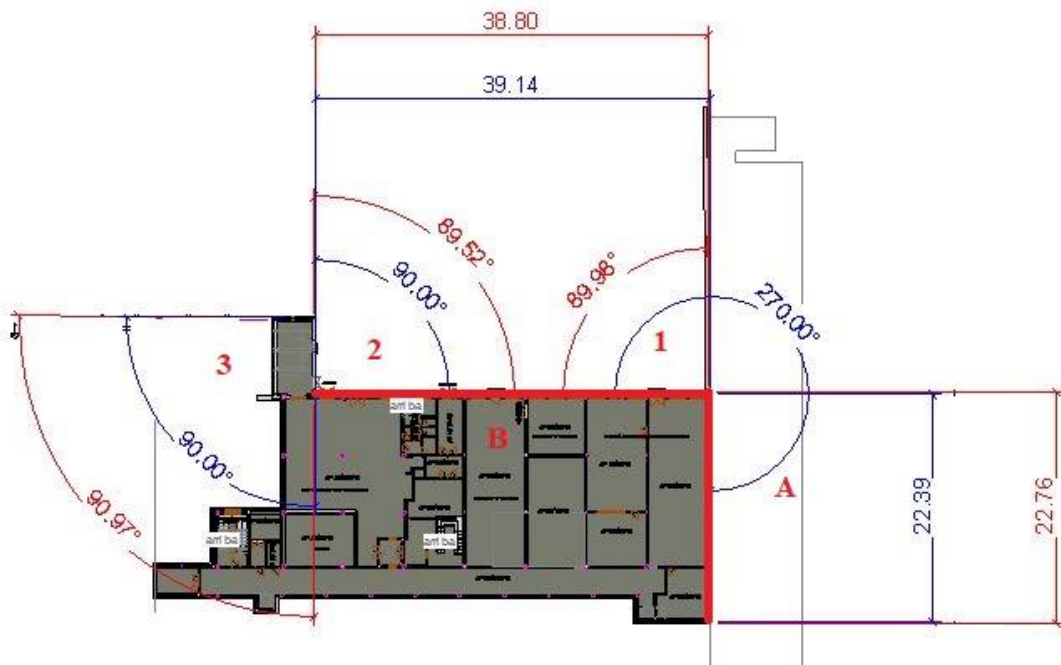


Figura 23. Plano Sótano (P0) aumentado con medidas de ángulos y distancias.





Figura 24. Ejemplo del modelo 3D visualizando exterior del nivel sótano.

- **Planta baja (P1).** Fijándonos en la Figura 25 podemos ver que en las medidas lineales de las zonas Norte (B) y Sur (D) podemos ver que hay bastante coincidencia, mientras que en la zona Este (A) tenemos una variación de hasta un metro. Si tenemos en cuenta las pequeñas variaciones que se producen en cada muro, al tener un muro de mayor longitud en la cara Este, era de esperar una variación mayor, aumentando progresivamente con la distancia. En cuanto a las medidas angulares, se puede apreciar que hay bastante coincidencia, aunque no son totalmente rectos.

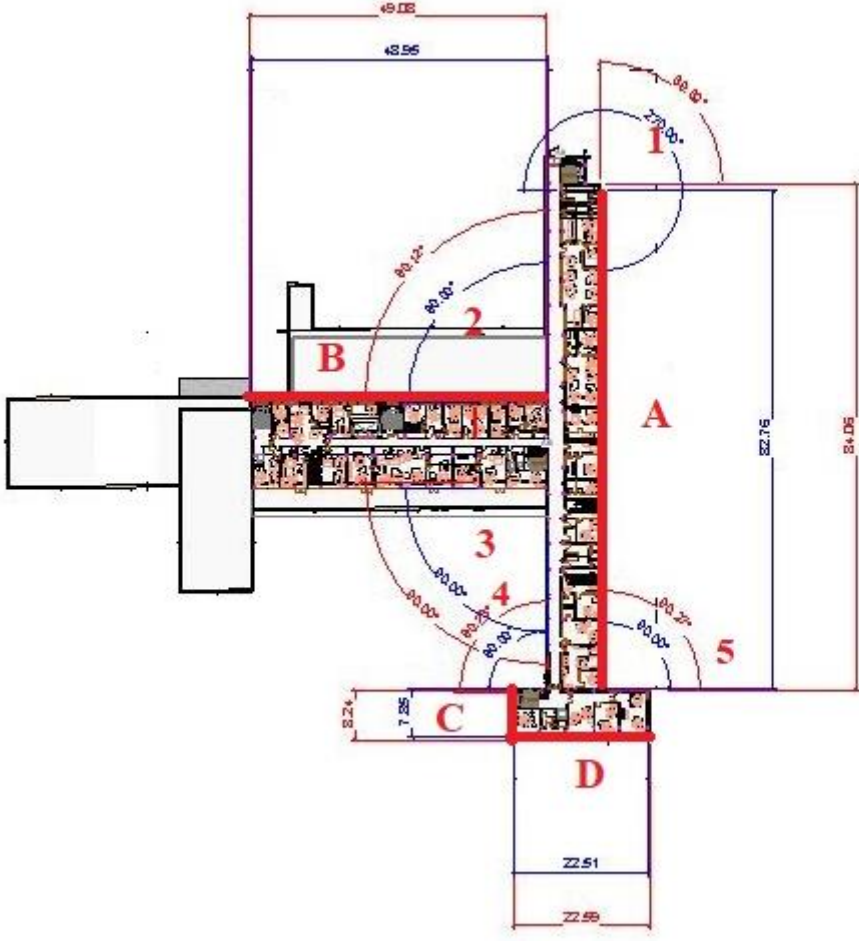


Figura 26. Plano Primera Planta (P2) aumentado con medidas de ángulos y distancias.

- **Segunda planta (P3).** Teniendo en cuenta las pequeñas variaciones que se aprecian en las demás plantas, las variaciones se mantienen en pequeña medida tanto en las medidas lineales como angulares en esta planta.

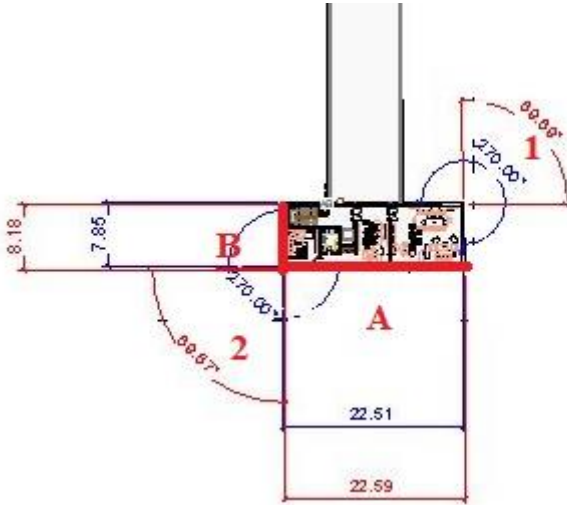


Figura 27. Plano Segunda Planta (P3) aumentado con medidas de ángulos y distancias.

Es importante hacer hincapié en las diferencias lineales de la zona Este (A en todos los planos), ya que entre los planos y la realidad hay variaciones entre uno y dos metros a lo largo de las distintas plantas.

Para dar una solución más concreta a este caso dimensional, se ha elaborado una vista en Revit llamada “Planos superpuestos” en la que se superponen los cuatro planos puestos a disposición por la Universidad de Jaén y otra en la que además se superpone la nube de puntos obtenida tras escanear el edificio, llamada “Planos + nube de puntos”.

Al superponer los planos, habría que abordar las conclusiones desde dos puntos de vista: desde el estudio de los planos entre sí y desde la comparación con la nube de puntos. Hay que destacar que todo el estudio y las comparaciones se han realizado usando AutoCAD 2018 y Revit 2017, sin añadir modificaciones a los planos (es decir, son los originales) salvo por el desplazamiento para colocar una planta sobre otra.

- Podemos observar, que si se alinean los planos en un punto concreto, coinciden en la mayoría de su extensión, pero se aprecian variaciones en las columnas y en la separación de muros interiores. Los planos no coinciden entre sí.
Nos encontramos con columnas que no coinciden, montacargas, el muro central que une la zona este con la zona central, muros que no siguen la misma línea de construcción de una planta a otra... Añadimos algunos ejemplos:
 - En la Figura 28 tenemos un ejemplo de la no coincidencia de los montacargas y las columnas.
 - En la Figura 29 vemos la no coincidencia del muro principal exterior de una planta y otra e incluso algún área común entre plantas.
 - En la Figura 30 podemos ver más ejemplos de la no coincidencia de muros exteriores e interiores.
 - En la Figura 31 se ven como no hay coincidencia en distintas columnas o en las escaleras.

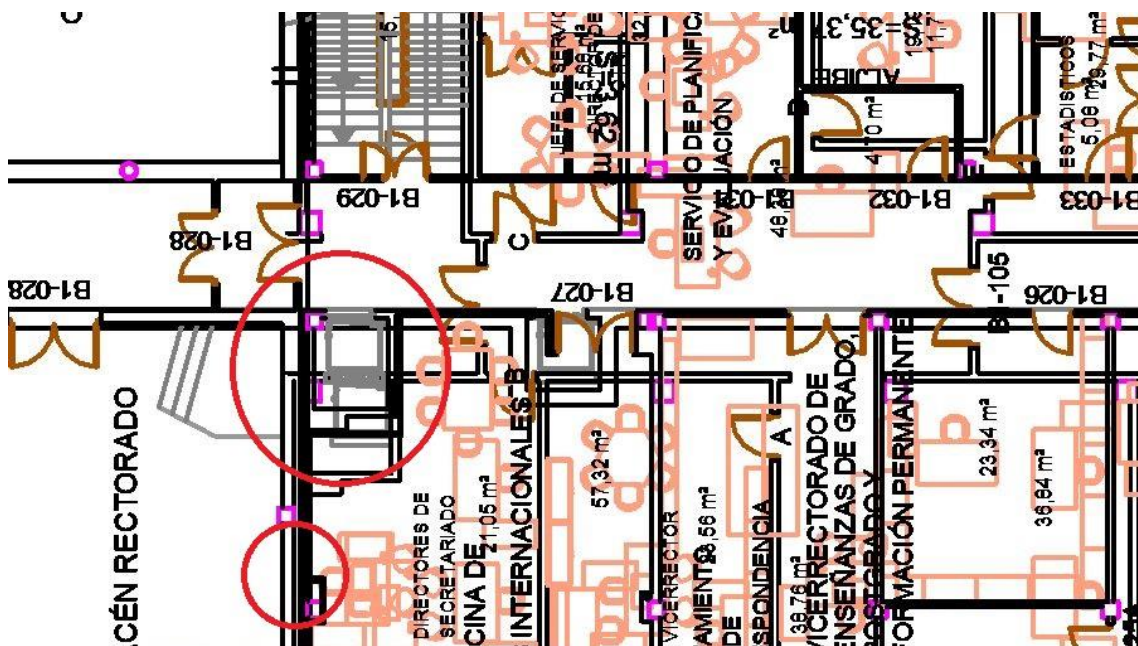


Figura 28. Montacargas y columnas que no coinciden, marcados con un círculo.

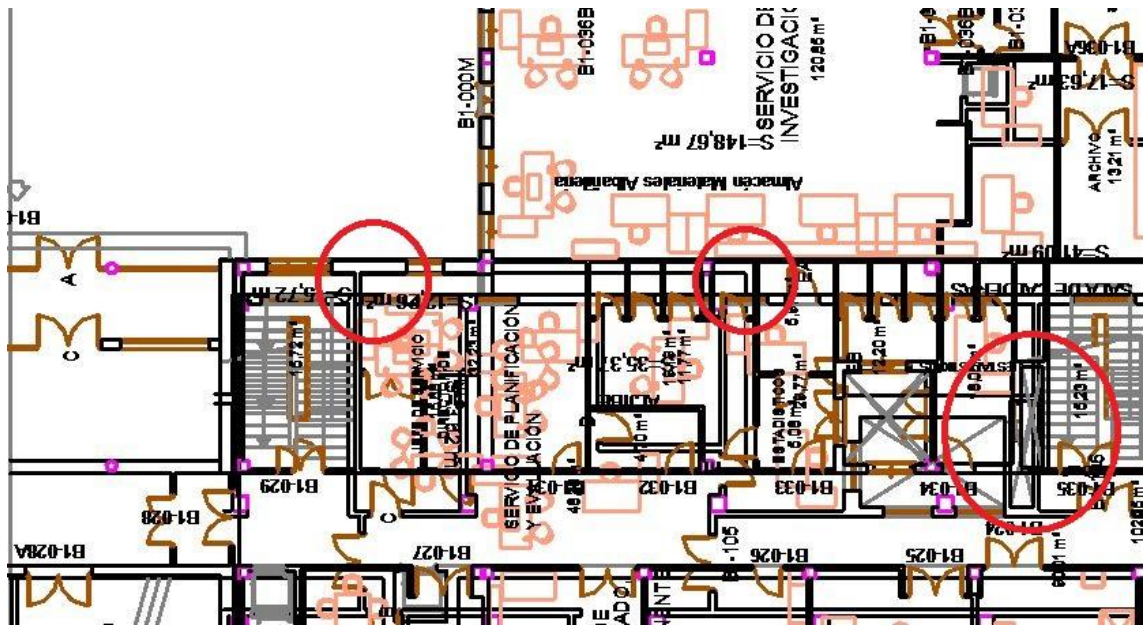


Figura 29. Muros y áreas comunes que no coinciden, marcados con un círculo.

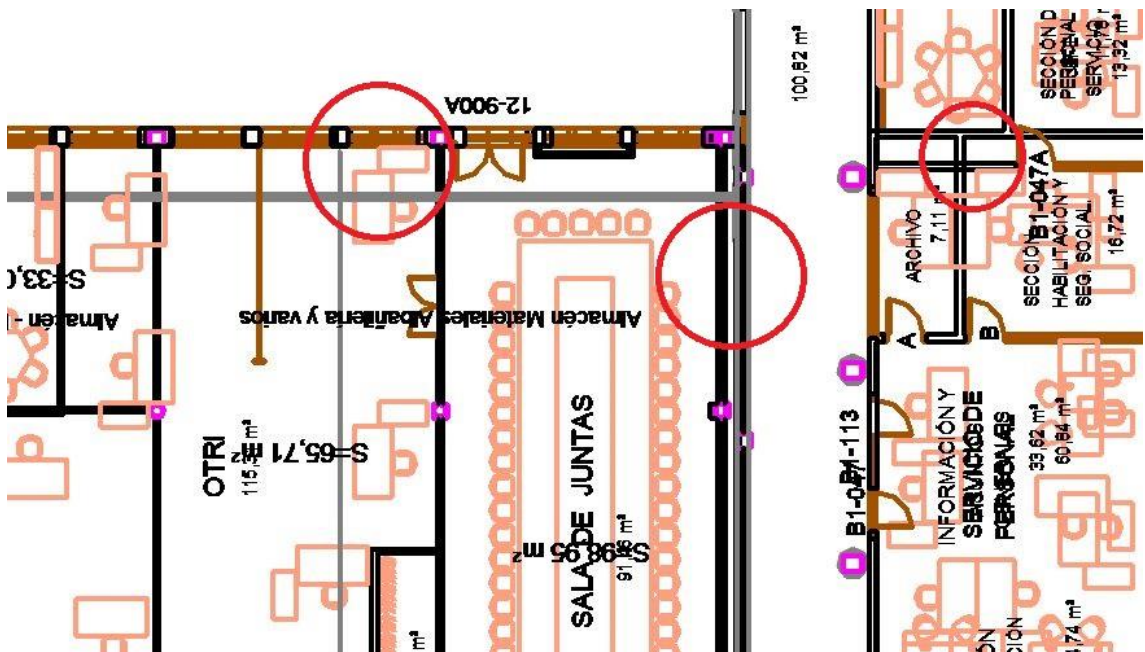


Figura 30. Muros interiores y exteriores que no coinciden, marcados con un círculo.

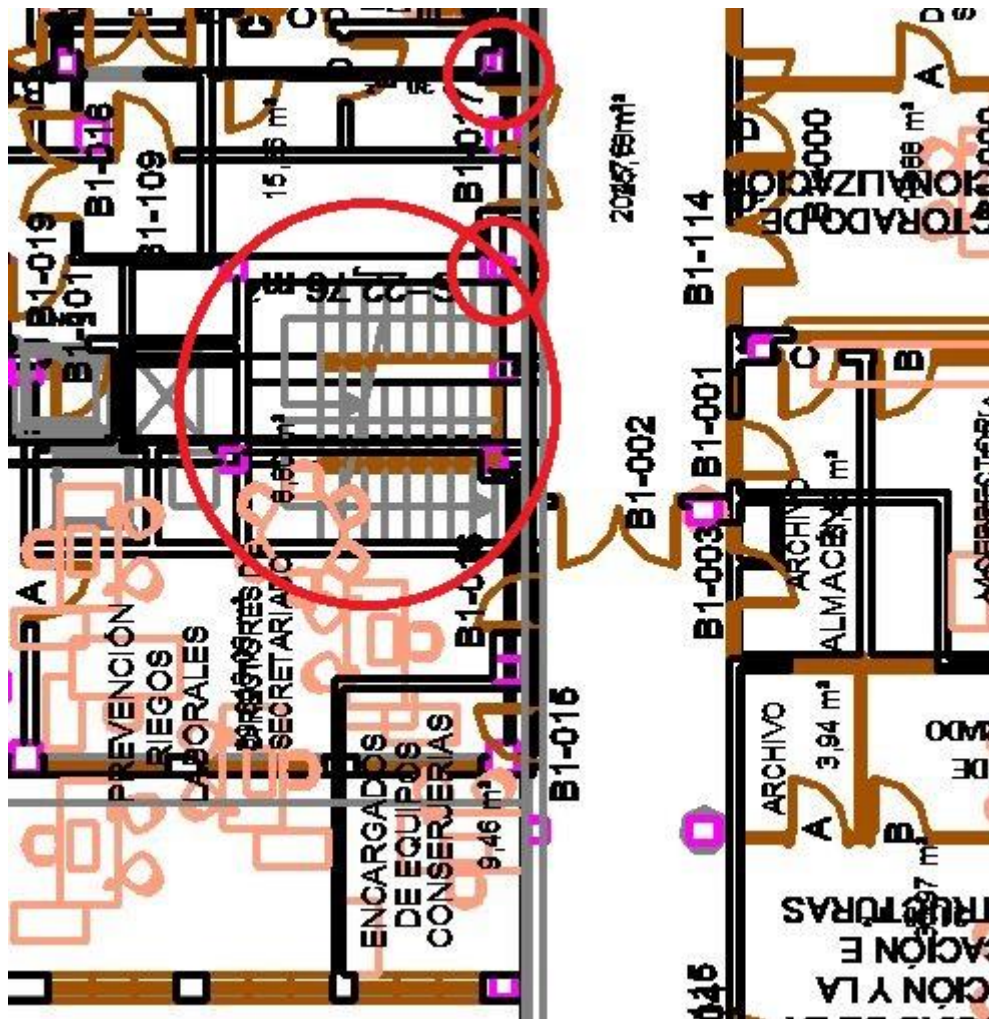


Figura 31. Escaleras y columnas que no coinciden, marcadas con un círculo.

La conclusión a la que se puede llegar con este análisis es que o bien los planos no se han hecho acordes a la realidad y se han utilizado medidas independientes de varias fuentes sin contrastar, que se han hecho modificaciones en el edificio a lo largo del tiempo y no se han cambiado los planos, que los planos de cada planta se han realizado en momentos diferentes y que la construcción del edificio varió en este periodo de tiempo o, por otro lado, que los planos se hayan hecho de forma independiente entre plantas y se ha elaborado la construcción sin seguirlos al completo.

De todo esto viene el problema que se presentó a la hora de la construcción de las plantas que se expuso en el modelado con Revit.

- A la hora de comparar los planos con la nube de puntos, nos encontramos con un problema mayor, ya no es que no coincidan los planos entre sí con pequeñas variaciones, sino que en relación a la realidad hay una gran variación Norte-Sur (Figura 32) a pesar de que las demás partes del edificio sí coinciden. Alineando los planos con la nube en distintos puntos, se opta por alinearlos finalmente en la pequeña parte de edificio de la parte Norte (Figura 33), ya que el sótano coincidía en gran medida con las medidas reales. Tanto en la Figura 34 como en la Figura



35 se puede apreciar una buena alineación de la nube de puntos con los planos, mientras que, como hemos visto, en otras partes no es así. Esto evidencia que no hay una deformación uniforme, siendo posible así la teoría del hundimiento del edificio.

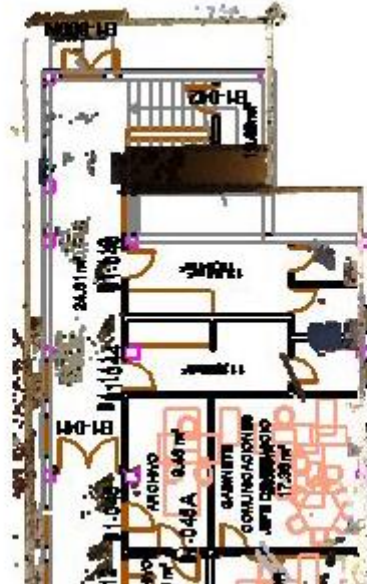


Figura 32. Falta de coincidencia Norte-Sur de la nube de puntos y el plano.

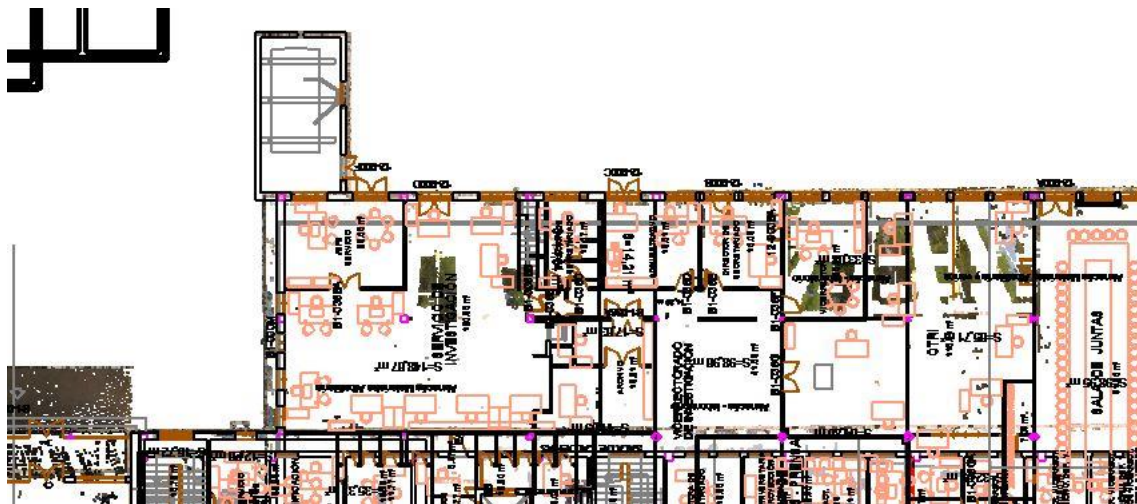
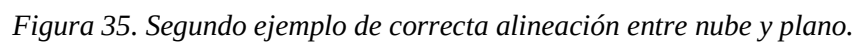
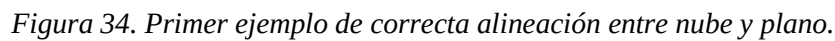


Figura 33. Alineación del plano con la nube de puntos.



Todo este tipo de errores dimensionales acarrearán grandes dificultades en el proceso de construcción del modelo, ya que no reflejan la realidad de las dimensiones de nuestro edificio en cuestión.

6.2. Análisis de errores.

Al margen de los errores que podemos establecer de una forma más analítica y numérica como es el apartado anterior, podemos presentar una serie de errores de diseño que presentan los planos.

6.2.1. Errores de diseño.

Abordamos los errores de diseños desde varios puntos de vista, analizando las dificultades encontradas durante el proceso de construcción del edificio de forma ordenada, acorde a dicho proceso.

6.2.1.1. Giros en X, Y, Z.

Como hemos comentado, un problema importante que apareció al principio del modelado de la nube de puntos es que las plantas no eran paralelas por lo que al crear un nivel en la cara Este, no coincidía en la cara Oeste (por ejemplo). Para resolver este problema se analizaron con Cloud Compare los ángulos que diferenciaban la posición del edificio con los tres ejes X, Y, Z, calculando los giros con trigonometría y así poder establecer los niveles de forma correcta y agilizar el proceso de trabajo. Se realizaron tres giros, uno en planimetría para poder trabajar con las caras del edificio de forma paralela a los alzados, y otros dos giros en altimetría para corregir las deformaciones o hundimientos del edificio a la hora de trabajar con él. Al realizar esto, como hemos visto en la Figura 22 de apartados anteriores, el edificio muestra las deformaciones de forma más clara y objetiva. Esta es la evidencia más evidente de las deformaciones que presenta el edificio, las cuales son parte del objetivo de este proyecto. En la Figura 36, en la Figura 37 y en la Figura 38 podemos ver el cálculo con Cloud Compare de los tres giros. Hay que tener en cuenta que el giro XY en planimetría no es un error, simplemente se utiliza para facilitar el proceso al alinear la nube con los planos del arquitecto.

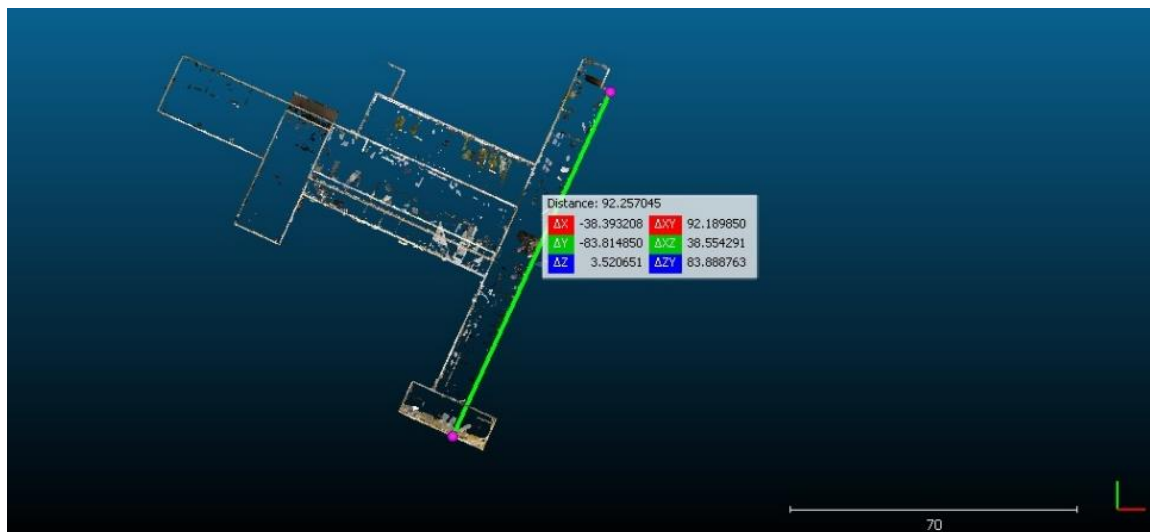


Figura 36. Giro en planimetría XY en Cloud Compare.





Figura 37. Giro en altimetría YZ en Cloud Compare.



Figura 38. Giro en altimetría XZ en Cloud Compare.

- Giro en planimetría XY. Cálculo representado en la Figura 39.

$$D1 = 92,257045 \text{ m}$$

$$\Delta X = -38,393208 \text{ m}$$

$$\Delta Y = -83,814850 \text{ m}$$

$$\Delta Z = 3,520651 \text{ m}$$

$$\text{Sen } \alpha = \Delta X (\text{opuesto}) / D1 (\text{hipotenusa})$$

$$\alpha = 24,592^\circ$$

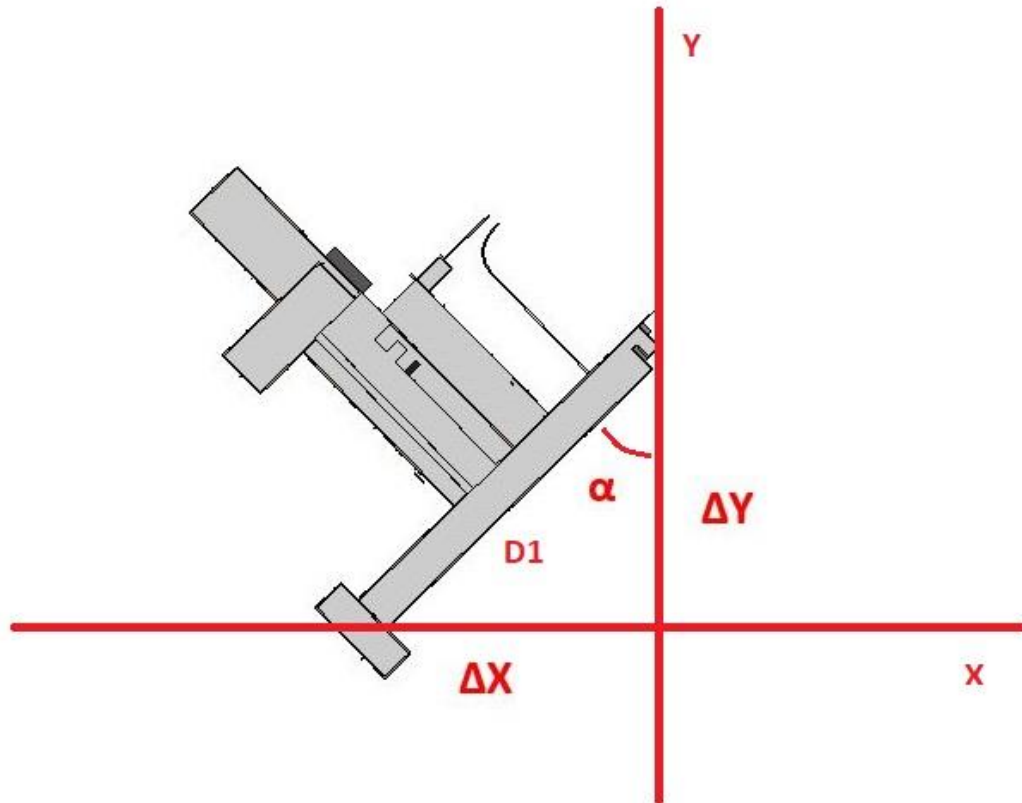


Figura 39. Cálculo giro en planimetría XY.

- Giro en altimetría YZ. Cálculo representado en la Figura 40.

$$\begin{aligned} D2 &= 95,500071 \text{ m} \\ \Delta X &= 9,947933 \text{ m} \\ \Delta Y &= -94,980301 \text{ m} \\ \Delta Z &= -0,211080 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sen } \alpha &= \Delta Z (\text{opuesto}) / D2 (\text{hipotenusa}) \\ \alpha &= -0,1266^\circ = 0,1266^\circ (\text{estableciendo el cuadrante}) \end{aligned}$$

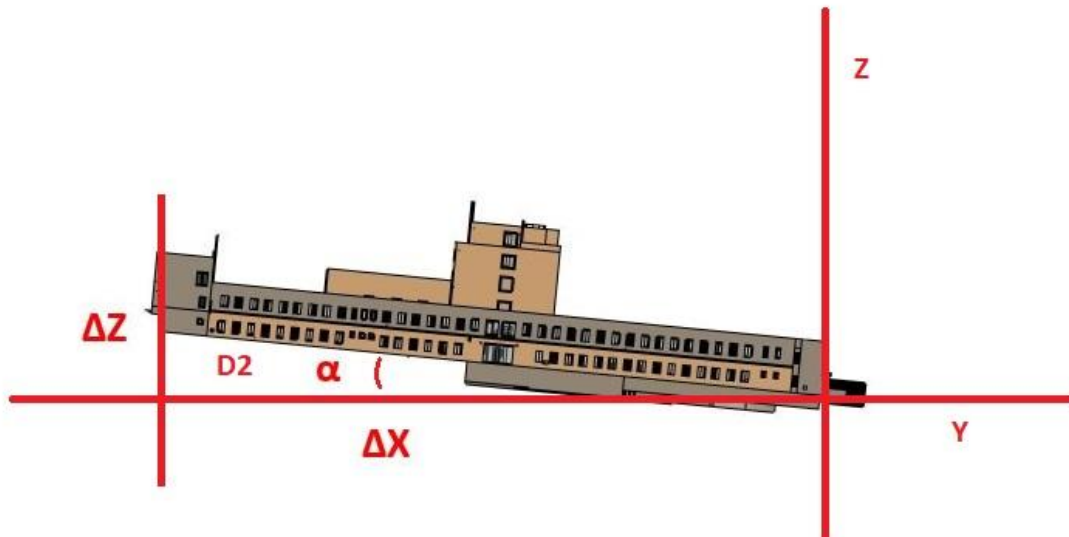


Figura 40. Cálculo giro en altimetría YZ con vista exagerada del edificio.

- Giro en altimetría XZ. Cálculo representado en la Figura 41.

$$D3 = 103,860310 \text{ m}$$

$$\Delta X = -95,958099 \text{ m}$$

$$\Delta Y = -39,736610 \text{ m}$$

$$\Delta Z = 0,094448 \text{ m}$$

$$\text{Sen } \alpha = \Delta Z (\text{opuesto}) / D3 (\text{hipotenusa})$$

$$\alpha = 0,0521^\circ$$

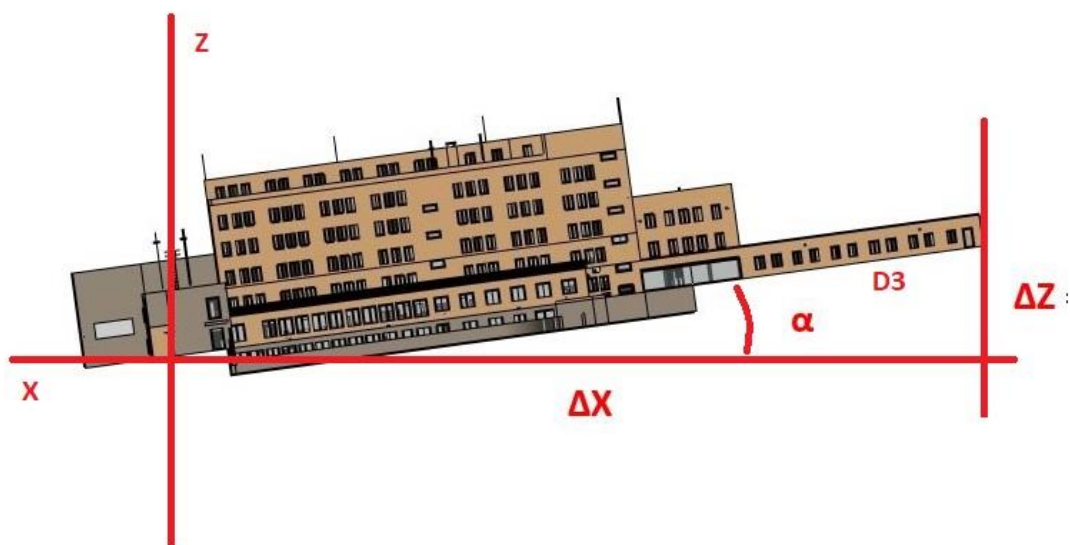


Figura 41. Cálculo giro en altimetría XZ con vista exagerada del edificio.

Es importante detallar que para posicionar el edificio en su lugar original habría que invertir estos tres giros. Si bien cabe añadir, que estas deformaciones pueden venir producidas por los hundimientos que presenta el edificio, los cuales pueden apreciarse a simple vista en la Figura 42 en una toma real del edificio. Si volvemos atrás, en apartados anteriores, en la Figura 22, se aprecian los hundimientos realzados en esta misma zona con un render del modelo final.



Figura 42. Hundimiento del edificio desde toma real.

6.2.1.2. Plantas.

Basándonos en los planos proporcionados por la Universidad de Jaén, a priori podría parecer que hay solo dos plantas, una planta baja y un sótano en este edificio, pero no es así. El edificio contiene hasta cinco plantas además de la planta baja y del sótano. Sí que es cierto, que teniendo en cuenta que las únicas en uso son las que disponen de plano es comprensible, aunque no correcto.

Hay que añadir que a los planos les falta la parte oeste del conjunto del edificio, una zona visiblemente abandonada pero que forma parte del mismo. En la Figura 43 (utilizando el estilo visual de trazado de rayos) podemos ver las zonas que se acaban de especificar.



Figura 43. Zona del edificio omitida en los planos.

6.2.1.3. Entrada principal zona Este.

Visualizando los planos, se han encontrado cambios en la entrada principal de la planta baja. Entrando por la entrada principal, siguiendo al frente, todo recto, en la realidad no se encuentra ninguna puerta, las cuales si aparecen en el plano.

Además, el primer muro contiguo a la primera entrada hacia la derecha no aparece en los planos. Este muro lo hemos añadido como muro interior aunque realmente es una cristallera translúcida. Si tenemos en cuenta que estamos estudiando el exterior, es un detalle que no tiene importancia, sabiendo que no se ha modelado el resto de muros interiores. En la Figura 44 tenemos un recorte del plano del arquitecto (color) mientras que en la Figura 45 tenemos un recorte del plano obtenido con el modelo real (blanco y negro). Todo esto podemos visualizarlo de forma más detallada en el Anexo V (Planos).

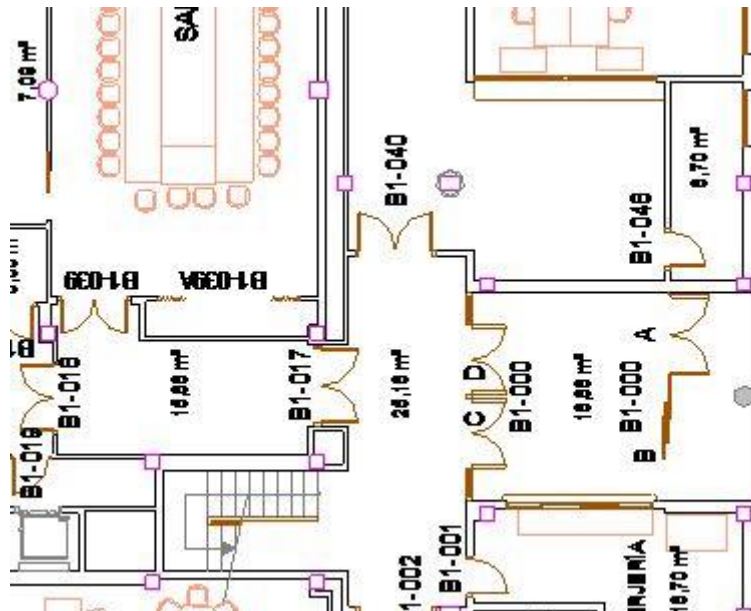


Figura 44. Recorte del plano de la planta baja del arquitecto mostrando entrada principal.

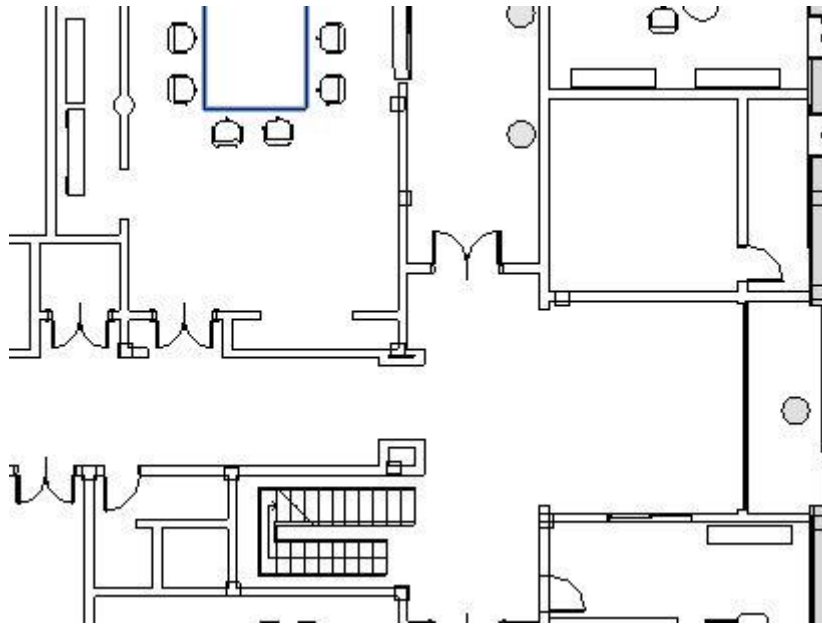


Figura 45. Recorte del plano de la planta baja del modelo real mostrando entrada principal.

Tal y como se ha comentado, el estudio se basa en las dimensiones y el modelado exterior. No obstante, la entrada principal, al no tener una puerta ligada al muro exterior, deja a la vista parte del interior en nuestro modelo. Por esto, se ha accedido al interior de esta entrada y adaptar el modelado más aún a la realidad. En la Figura 46, en la Figura 47 y en la Figura 48 se presentan tomas reales de la entrada principal de la planta baja, mostrando estos detalles comentados en el párrafo anterior.



Figura 46. Exterior de la entrada principal de la planta baja.



Figura 47. Interior de la entrada principal de la planta baja.



Figura 48. Cristalera del pasillo derecho de la entrada principal de la planta baja.

6.2.1.4. Columnas interiores.

Como se ha comentado en el apartado anterior, se ha accedido a la entrada principal para adaptar el modelo a la realidad, con esto se pudo comprobar que las columnas del área Este no estaba correctamente representadas en los planos. En la Figura 49 tenemos una comparación visual de las columnas en el plano del arquitecto (color) y en el modelo real (blanco y negro).

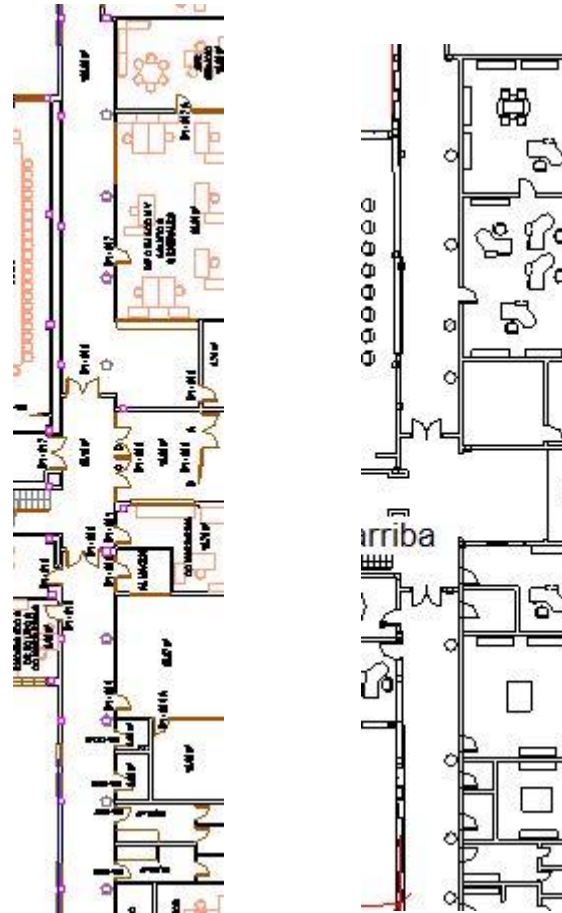


Figura 49. Comparativa de las columnas entre plano y modelo real.

Las cuatro columnas circulares a cada lado de la entrada principal de la planta baja no estaban colocadas correctamente ni coincidían con la primera planta. En este caso, se ha comprobado que sí lo hacen y se han colocado en los planos de forma correcta. En la Figura 50, en la Figura 51, en la Figura 52 y en la Figura 53 se muestran tomas reales de estas columnas. Todo esto podemos visualizarlo de forma más detallada en el Anexo V (Planos).



Figura 50. Columnas pasillo izquierdo de la entrada principal en la planta baja.



Figura 51. Columnas pasillo derecho de la entrada principal en la planta baja.



Figura 52. Columnas pasillo izquierdo de la entrada principal en la primera planta.



Figura 53. Columnas pasillo derecho de la entrada principal en la primera planta.

6.2.1.5. Ventana intersectada por muro.

A la hora de modelar la primera planta, se encontró un error en el plano bastante llamativo, un muro que desembocaba en una ventana, como podemos ver en la Figura 54.

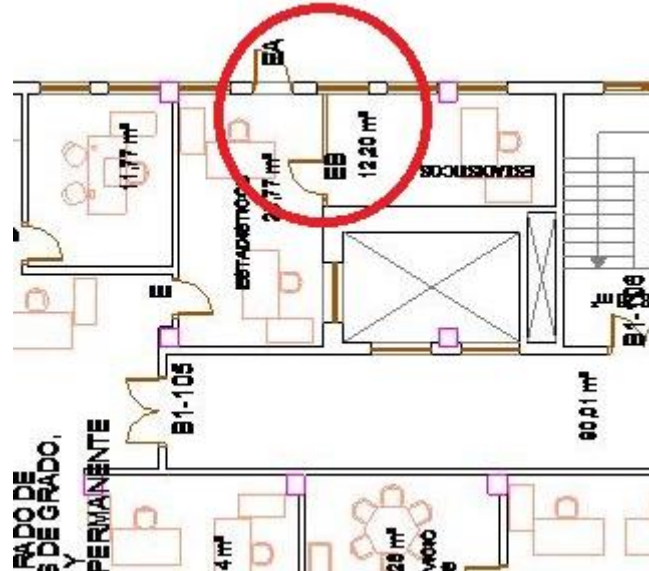


Figura 54. Muro que desemboca en ventana, marcado con un círculo.

Aparentemente, parece que el error se crea por la puerta, ya que el muro tiene un material distinto a los demás muros y puede haberse necesitado para añadir la puerta. Aun así, un muro no puede cortar una ventana, debería desembocar en el muro contiguo a la hora de diseñarse. Todo esto podemos visualizarlo de forma más detallada en el Anexo V (Planos).

6.2.1.6. Techos exteriores.

En la zona Este, se aprecian dos diferencias significativas que no se han reflejado en los planos.

En primer lugar, las dos plantas de la zona sureste, tienen un tamaño en planta distinto al que se presenta en los planos (como ya se comentó anteriormente) y que si vemos desde el alzado Este presentan un muro o falso techo añadido con un desfase negativo sobre la primera planta, el cual se ha añadido al diseño del modelo. Podemos ver ejemplos de esto en la Figura 55 y en la Figura 56. Todo esto podemos visualizarlo de forma más detallada en el Anexo V (Planos).



Figura 55. Falso techo con desfase negativo visto desde una toma real.

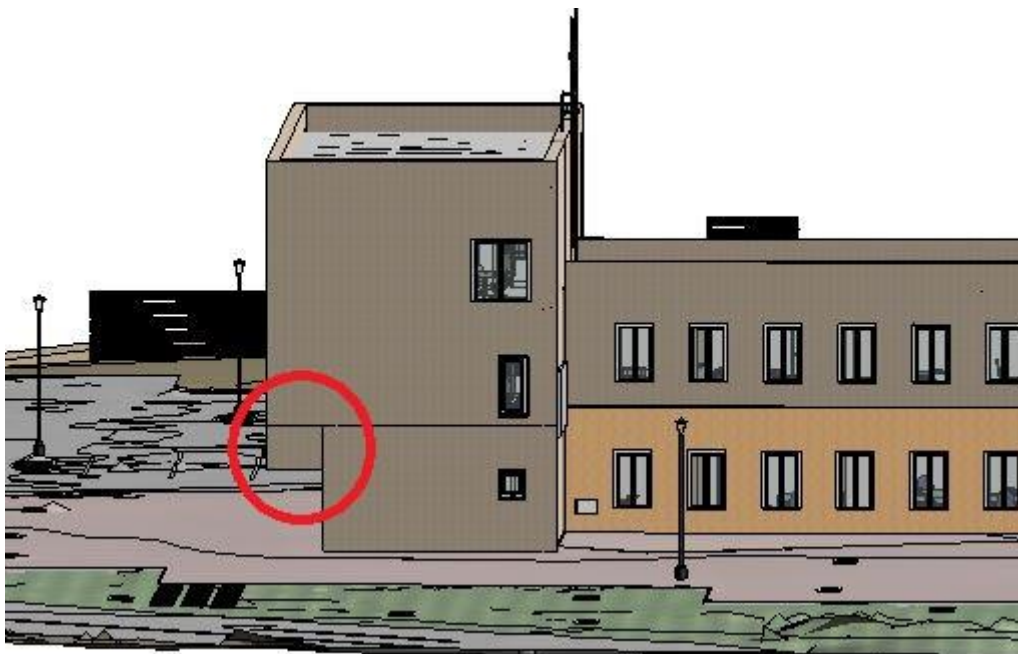


Figura 56. Falso techo con desfase negativo visto desde el modelo 3D, marcado con un círculo.

En segundo lugar, nos pasa algo parecido en los muros que delimitan la escalera que hemos comentado en los apartados anteriores, hay un falso techo. En la Figura 57 tenemos un recorte del plano del arquitecto de la primera planta, en el que no se visualiza este falso techo, mientras que en la Figura 58 vemos una toma real donde aparece este falso techo, al igual que en la Figura 59 donde tenemos un recorte del modelo real con una vista aérea en el que si se ha creado.

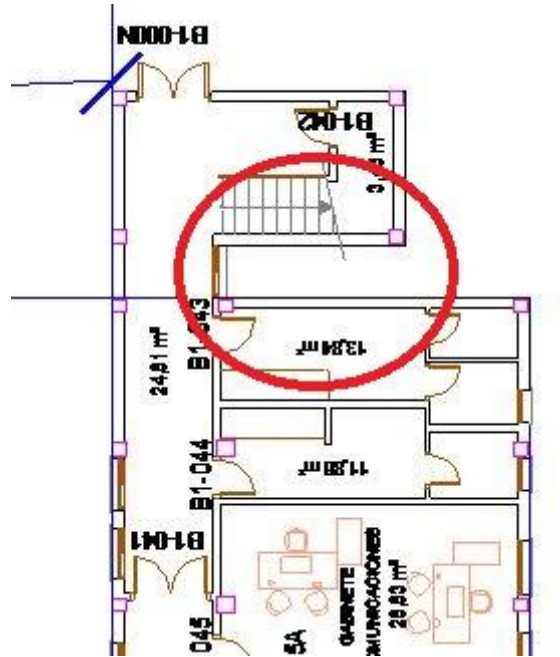


Figura 57. Zona de falso techo en la escalera noreste omitida en planos, marcada con un círculo.



Figura 58. Falso techo de la escalera noreste visualizado en una toma real.

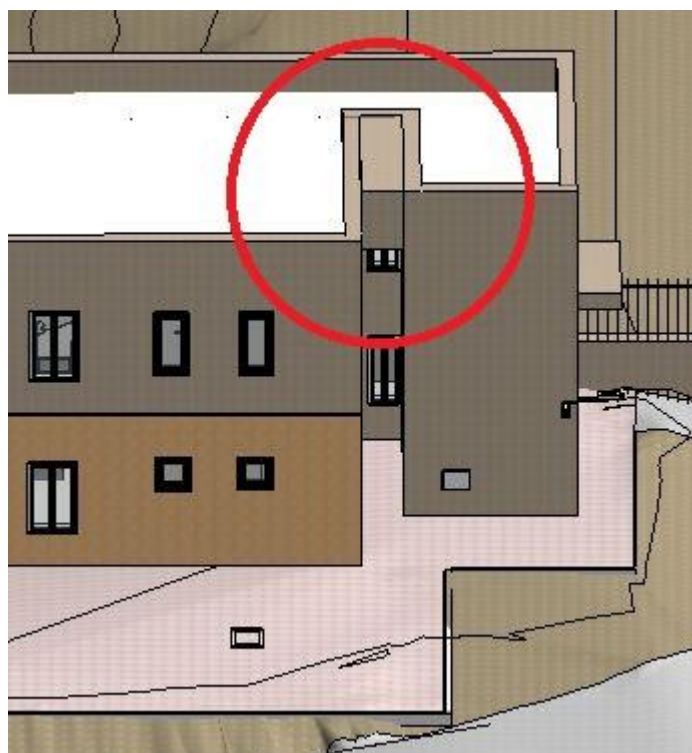


Figura 59. Vista aérea del falso techo de la escalera noreste representado en el modelo real.

6.3. Comisiones y omisiones.

A la hora de evaluar la compleción (comisiones y omisiones) estableceremos una relación entre el plano final obtenido tras el modelado y el plano proporcionado por la Universidad de Jaén por cada una de las plantas de estos planos proporcionados.

El criterio escogido para analizar los muros es el de muros completos, es decir, los muros que estén contiguos se toman como uno solo. Podemos ver un ejemplo ilustrativo de este criterio en la Figura 60, donde se han remarcado los posibles muros a contabilizar en un recorte de uno de los planos.

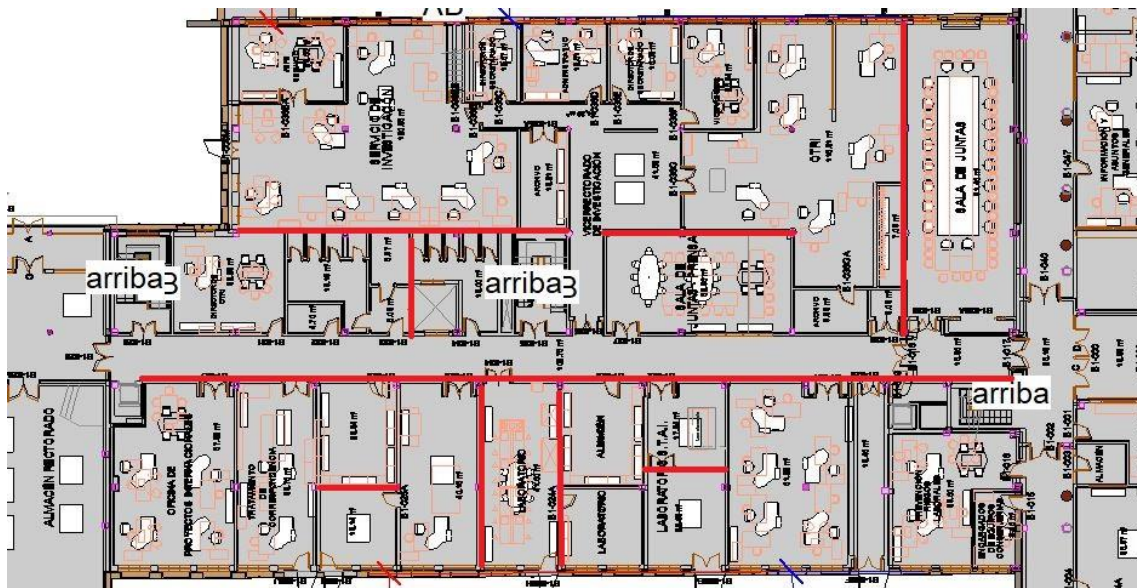


Figura 60. Criterio de conteo de muros para omisiones y comisiones.

Para el análisis de los elementos constructivos existentes en los planos frente a la realidad se distinguirán tres tipos de elementos básicos de cualquier cartografía:

- C1: Elementos puntuales. Pilares (PI)
- C2: Elementos lineales. Muros (M)
- C3: Elementos zonales. Pasillos (PAS), escaleras (E), habitaciones (HAB).

Se evaluará por un lado el universo de discurso o mundo real (modelo de Revit) y sus comisiones, mientras que por otro lado, la BDG (planos de la Universidad de Jaén) y sus omisiones. Cuando en el mundo real hay elementos que no aparecen en la BDG hablamos de omisiones y cuando en la BDG hay elementos que en el mundo real no aparecen hablamos de comisiones.

Sótano					
Universo de discurso o mundo real (modelo de Revit)			Comisiones	BDG	Omisiones
C1	PI	45	1	46	
C2	M	58		56	2
C3	PAS	1		1	
	HAB	25		25	
	E	2		46	

Tabla 5. Comisiones y omisiones del sótano.

Planta baja					
Universo de discurso o mundo real (modelo de Revit)			Comisiones	BDG	Omisiones
C1	PI	162		160	2
C2	M	141	1	138	4
C3	PAS	4		4	
	HAB	103		102	1
	E	6		6	

Tabla 6. Comisiones y omisiones de la planta baja.

Primera planta					
Universo de discurso o mundo real (modelo de Revit)			Comisiones	BDG	Omisiones
C1	PI	118		118	
C2	M	104	6	110	
C3	PAS	2		2	
	HAB	72		72	
	E	5		5	

Tabla 7. Comisiones y omisiones de la primera planta.

Segunda planta					
Universo de discurso o mundo real (modelo de Revit)			Comisiones	BDG	Omisiones
C1	PI	12		12	
C2	M	11		11	
C3	PAS	1		1	
	HAB	5		5	
	E	1		1	

Tabla 8. Comisiones y omisiones de la segunda planta.

Analizando los resultados podemos ver que si analizamos los elementos puntuales o pilares (PI) en el sótano hay una comisión y en la planta baja hay dos omisiones, debido a que en el plano aparece una columna en mitad de un muro en el sótano (Figura 61) y en la planta baja se añaden en el modelo dos columnas en la zona nueva que no contempla el plano (Figura 62).



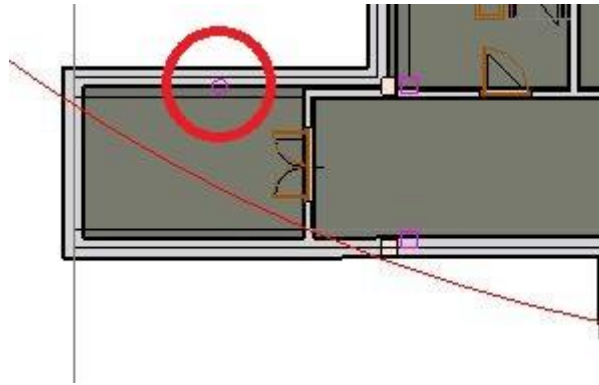


Figura 61. Comisión de columnas, marcado con un círculo.

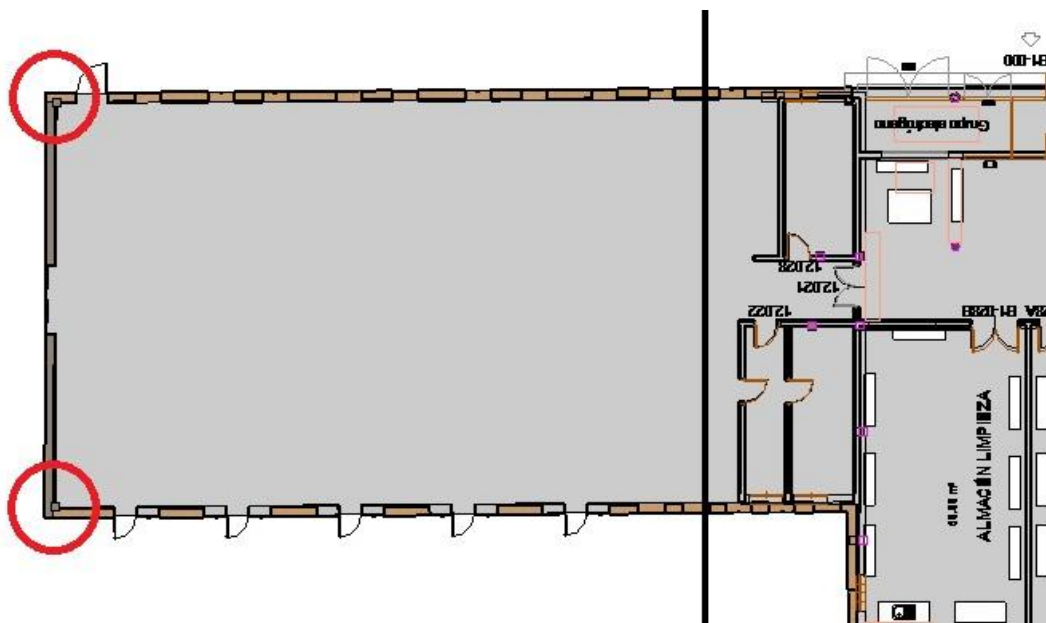


Figura 62. Omisión de columnas, marcado con un círculo.

En cuanto a los elementos lineales o muros (M) tenemos omisiones y comisiones en el sótano y la planta baja, comisiones en la primera planta y en la segunda planta vemos que hay coincidencia total en los elementos. Esto es debido a los muros exteriores de cada planta que no están añadidos en los planos y a las modificaciones en la entrada de la primera planta, además de la zona nueva que no aparece en los planos. Todo esto hace que haya variaciones claras entre los planos y el modelo, como hemos podido comprobar.

En los elementos zonales, hay total coincidencia salvo en la planta baja, ya que hemos tenido en cuenta la zona nueva que no aparece en los planos, por lo que hay espacios zonales añadidos. Todo esto podemos visualizarlo de forma más detallada en el Anexo VI (Planos).

7. Renderización y resultados.

Partiendo de las vistas 3D generadas en Revit, podemos realizar distintos render para comparar el resultado de nuestro modelo desde un punto de vista más real con imágenes reales de la zona. En el Anexo IV (Imágenes digitales (Renders)) se exponen distintos render en tres apartados, el primero con tomas oscuras y utilizando la luz artificial de las luminarias insertadas en nuestro modelo (para este apartado ha sido de gran ayuda la vista “Despiece 3D”, segundo, distintas tomas comparadas con fotografías reales de la misma zona para poder ver la diferencia entre el modelo y la realidad, y tercero, distintas capturas o tomas realizadas con el estilo visual de trazado de rayos. Además, en el Anexo V (Planos) encontramos también el plano P5, que contiene vistas 3D, las cuales dan posibilidad de visualizar estos resultados sin necesidad de entrar en Revit.

8. Planos.

Para los planos hemos utilizado el formato A1 (841 mm x 594 mm) con unos márgenes de 20 mm y un cajetín menor a 185 mm de ancho y 277 de alto (siguiendo la norma UNE 126-2 83). Concretamente, el cajetín tiene unas medidas de (147 mm x 48 mm).

En el Anexo V (Planos) podemos observar los distintos planos creados, cuyo proceso de creación se detalla en el Anexo VI (Guía rápida de Revit para ingenieros). Estos planos son:

P0: Sótano. Contiene una vista en planimetría y otra en 3D del sótano, además de una vista superpuesta del plano del modelo y el plano ofrecido por la Universidad de Jaén para el análisis de los ángulos.

P1: Planta baja. Contiene una vista en planimetría y otra en 3D de la planta baja, además de una vista superpuesta del plano del modelo y el plano ofrecido por la Universidad de Jaén para el análisis de los ángulos

P2: Primera planta. Contiene una vista en planimetría y otra en 3D de la primera planta, además de una vista superpuesta del plano del modelo y el plano ofrecido por la Universidad de Jaén para el análisis de los ángulos

P3: Segunda planta. Contiene una vista en planimetría y otra en 3D de la segunda planta, además de una vista superpuesta del plano del modelo y el plano ofrecido por la Universidad de Jaén para el análisis de los ángulos

P4: Vistas 3D. Contiene una vista 3D del edificio, otra del del suelo exterior y una vista explosiva del edificio.



9. Presupuesto.

Para la elaboración del presupuesto, dividimos el proceso de trabajo de este TFG en distintas fases o partidas, las cuales nos darán unos precios descompuestos por cada una de ellas, que a su vez concluirán en un presupuesto de ejecución material.

Siguiendo las leyes actuales, se aplicará el IVA correspondiente para obtener el precio de ejecución por contrata de nuestro proyecto.

Las partidas en las que hemos dividido nuestro TFG son las siguientes:

- **Partida 1.** Incluye todos los estudios previos, toma de fotografías e identificación del terreno, además de la obtención de planos e información relevante para la elaboración del proyecto.
- **Partida 2.** Proceso de escaneado de la zona, incluyendo el montaje de los clústeres con SCENE y la realización de todas las medidas en campo.
- **Partida 3.** Procesado de la nube de puntos mediante Cloud Compare con los resultados obtenidos en el apartado anterior.
- **Partida 4.** Modelado de la nube de puntos con Revit. Incluye el procesado completo con Revit hasta obtener el modelo final.
- **Partida 5.** Obtención de resultados como vistas 3D específicas, renders, planos o tablas de áreas y perímetros.
- **Partida 6.** Estudio dimensional y análisis de errores.
- **Partida 7.** Redacción del proyecto para su presentación.

9.1. Cálculo de jornadas.

En las jornadas se incluye todo el tiempo necesario en elaborar dicha actividad, el cual nos servirá para poder establecer el presupuesto de nuestro proyecto.

Tabla de jornadas	
Partidas	Jornadas reales
Estudio previo	1
Escaneado y creación de la nube de puntos	4
Procesado de la nube de puntos	5
Modelado de la nube de puntos	12
Obtención de resultados	5
Estudio dimensional y análisis de errores	3
Redacción del proyecto	3
TOTAL	33

Tabla 9. Tabla de jornadas.

9.2. Precios simples.

Se exponen los precios unitarios que componen el presupuesto de nuestro proyecto.

Tabla de precios unitarios			
Código	Descripción	Unidad de medida	Precio
A01	Ingeniero técnico (topógrafo y especialista BIM)	Jornada (j)	100,00€
A02	Alquiler FARO Focus X130	Jornada (j)	320,00€
A03	Ordenador	Jornada (j)	3,68€
A04	Microsoft Office 2017	Jornada (j)	0,56€
A05	AutoCAD 2018	Jornada (j)	12,48€
A06	SCENE	Jornada (j)	0,00€
A07	Cloud Compare	Jornada (j)	0,00€
A08	Revit 2017	Jornada (j)	17,92€
A09	Re-Cap PRO 2017	Jornada (j)	2,40€
A10	Renders	Unidad (u)	0,00€
A11	Planos A1	Unidad (u)	100,00€
A12	Desplazamientos (gasolina)	Jornada (j)	1,10€
A13	Guía rápida de Revit para ingenieros	Unidad (u)	200,00€

Tabla 10. Tabla de precios simples.

Teniendo en cuenta estas 7 partidas mencionadas para nuestro proyecto completo, la primera y última son las únicas en las que no es necesario el uso de software. Por tanto, para el cálculo de los precios unitarios hemos tomado como base lo siguiente:

5 partidas es el 71,42% del total del proyecto, que redondeando estableceremos en el 70%. Este 70% será el que abarca fases en las que se involucra el uso de algún software.

A la hora de establecer los precios unitarios tomaremos como medidas horas, unidades, kilómetros y jornadas. Las jornadas se tomarán como 8 horas cada una.

En la web oficial de AUGI (Autodesk User Group International), en su encuesta salarial del año 2017, podemos ver que un experto en BIM cobra alrededor a 60-80€ por jornada. (Fuente:

<https://www.estrelladigital.es/articulo/comunicados/precio-medio-kilometraje-espana-baja-022-informe-anual-captio-kilometraje-2019/20190220222855363220.html>).

En la web de indeed encontramos que el salario medio anual de un topógrafo a fecha de 15 de julio de 2019 es de 20.083€. Tomando como referencia el cómputo anual de la jornada de trabajo cuando no se especifica convenio colectivo que elabora Iberley tomamos en cuenta 1944 horas anuales:

$$20.083€ / 1944 \text{ horas} = 10,33€ \text{ la hora}$$

$$10,33 \cdot 8h = 82,64€ \text{ la jornada de trabajo}$$



(Fuentes:

<https://www.indeed.es/salaries/top%C3%B3grafo/a-Salaries> ,

<https://www.iberley.es/practicos/caso-practico-computo-anual-jornada-trabajo-no-especifique-convenio-colectivo-3231>)

En indeed se estima el salario de un topógrafo, lo que puede ser un técnico superior y no un ingeniero graduado. Si añadimos a esto la capacidad de elaborar productos BIM, establecemos un salario por jornada de 100€ para el ingeniero graduado en geomática y topografía, experto en metodología BIM.

Este coste se ha tenido en cuenta con referencias de España, toda empresa, debe adaptar sus costes a los proyectos específicos, puesto que si la competencia establece precios mucho mayores en áreas determinadas, de la empresa depende la habilidad de barajar estos precios a la hora de distintas licitaciones de obra o proyectos específicos, al igual que poder dividir el presupuesto en distintos expertos en cada una de las ramas, sus peones, etc. No obstante, como se ha indicado, el precio por jornada será de 100€ para este proyecto.

El alquiler del FARO Focus X130 es de 320€ la jornada, siguiendo los precios de Ingeocar. (Fuente: <http://ingeocar.com/alquiler/>).

Para el ordenador, englobando ordenadores de mesa y/o portátil, estimamos un coste de 900€ para procesador i7, el cual es suficiente para este tipo de proyectos. En este caso, no se especifican referencias, puesto que en cualquier plataforma de venta se puede consultar el precio. En la gran mayoría de plataformas de venta, ya sean físicas u online suele aparecer este precio. Estimando una duración de 3 años, establecemos el precio unitario:

$$900\text{€} / 1944 \text{ horas} = 0,46\text{€ la hora}$$

$$0,46\text{€} \cdot 8\text{h} = 3.68\text{€ la jornada de trabajo}$$

En cuanto al software de procesamiento, no establecemos coste ninguno al uso de SCENE (propio del FARO Focus X130, que se estima incluido en el alquiler del aparato) ni al uso de CloudCompare (software gratuito). Para el resto, se utiliza la base antes comentada de un 70% de la carga total del proyecto para el cálculo de los costes unitarios.

Se utiliza una suscripción anual del paquete Office 365 Hogar, ya que permite utilizar el paquete por distintos dispositivos a la vez, necesario en una empresa, cuyo coste es de 99€ al año en la página oficial de Microsoft:

$1944 \text{ horas} \cdot 70 / 100 = 1360,8 \text{ horas}$, redondeando: 1361 horas (70% de carga de trabajo en software del total del proyecto)

$$99\text{€} / 1361 \text{ horas} = 0,07\text{€ la hora}$$

$$0,07\text{€} \cdot 8\text{h} = 0,56\text{€ la jornada de trabajo}$$

(Fuente: <https://products.office.com/es-es/buy/office>).

Lo estrictamente correcto sería incluir el uso del paquete Office en la última partida de trabajo, pero como ya está incluido el coste del uso del ordenador, que en



algunos casos ya suele incluir dicho paquete, obviamos dicho coste para la última partida y mantenemos nuestro 70%.

Se utiliza una suscripción anual de AutoCAD de la plataforma oficial de Autodesk, con un coste de 2.123,55€:

$$2.123,55\text{€} / 1361 \text{ horas} = 1,56\text{€ la hora}$$

$$1,56\text{€} \cdot 8\text{h} = 12,48\text{€ la jornada de trabajo}$$

(Fuente: <https://www.autodesk.es/buy-online>).

Se utiliza una suscripción anual de Revit de la plataforma oficial de Autodesk, con un coste de 3.043,15€:

$$3.043,15\text{€} / 1361 \text{ horas} = 2,24\text{€ la hora}$$

$$2,24\text{€} \cdot 8\text{h} = 17,92\text{€ la jornada de trabajo}$$

(Fuente: <https://www.autodesk.es/buy-online>).

Se utiliza una suscripción anual de Re-Cap PRO de la plataforma oficial de Autodesk, con un coste de 405,35€:

$$405,35\text{€} / 1361 \text{ horas} = 0,30\text{€ la hora}$$

$$0,30\text{€} \cdot 8\text{h} = 2,40\text{€ la jornada de trabajo}$$

(Fuente: <https://www.autodesk.es/buy-online>).

Estos costes de software podrían haberse incluido en los honorarios del ingeniero pero para poder ofrecer una visión real de los costes de estos programas se establecerán por separado. Esta forma también es una manera de añadir un coste final mayor al cliente, que a simple vista del mismo no es tan llamativo, es decir, no es lo mismo ofrecer el trabajo de un ingeniero por 150€ que ofrecerlo por 100€ + 10€ + 20€ + 20€, a simple vista parece más barato (hablamos de técnicas de marketing de ventas).

Tomando como referencia la empresa AM3D de visualización arquitectónica podríamos establecer un precio unitario de 150€ por render. Al no ofrecer un render exacto de la realidad del interior (ya que el modelado interior es básico según los planos), en este caso se cobrarían por igual (normalmente los interiores son más caros). Sin embargo, los renders realizados no son con gran carga de trabajo, ya que son renders creados a partir de un modelo ya real y no es un diseño en el que se va a basar la construcción, ni tampoco representan el interior con exactitud. Por tanto, en este caso no se va a tener en cuenta el coste del render y se tomará como incluido en las horas de trabajo del ingeniero, ofreciendo un presupuesto más acorde a la realidad de dicho proyecto. (Fuente: <https://www.angelmonteoliva.com/precios>).

En cuanto a los planos, tras investigar en muchas fuentes distintas, no hay una fuente concreta que establezca un precio base para este tipo de productos, ya que puede variar mucho la dificultad del plano en función de la información que contenga. Hay desde costes de 40-50€ hasta 200-300€, por lo que se establecerá el coste del siguiente



modo: partiendo de la base de unas 5 horas de trabajo máximas para elaborar los planos y un coste de 20€ por hora, obtenemos un coste de 100€ por plano. (Fuente:

<http://www.cartodesia.com/levantamiento-topografico-precio-presupuesto-estudio/>).

El coste de 20€ por hora se ha establecido utilizando como base un coste de 10-12€ aproximadamente y doblándolo. Muchas empresas, a la hora de establecer el coste de sus productos, sin tener referencias concretas, utilizan como base el coste mínimo y lo doblan. En este caso, en función de la titulación del ingeniero queda coherente un coste mínimo de 10-12€, concretamente 10€. Este coste mínimo cubre los gastos necesarios para la elaboración del producto. Doblando esta cantidad tenemos el margen de beneficio en el que se incluyen las posibles variaciones de costes en planos complicados.

El kilómetro de gasolina se establece en función del Informe Captio del kilometraje en 2019, que establece el coste medio del kilometraje para España con distintas fuentes. Este coste es de 0,22€ / km. (Fuente:

https://cdn2.hubspot.net/hubfs/260057/Imatges/CAPTIO_Informe_kilometraje_2019.pdf).

Si tenemos en cuenta un recorrido medio de 5 km, teniendo en cuenta el trayecto desde la Universidad de Jaén hasta la zona de la Catedral de Jaén nuestro coste sería:

$$0,22 \cdot 5 = 1,10\text{€}$$

El desplazamiento se anotará como jornada en el desglose de precios unitarios, ya que son desplazamientos fijos durante todo el proyecto. Este coste queda un tanto absurdo, ya que los desplazamientos son mínimos, pero siempre hay que añadir costes en desplazamiento por el transporte de instrumentación y materiales.

La Guía Rápida de Revit para Ingenieros, tendrá un coste de 200€. Hay gran diversidad de cursos online con material parecido y de forma gratuita, mientras que hay algunos privados de costes superiores a este. Teniendo en cuenta publicaciones, editoriales, derechos de autor y demás, este podría ser un coste adecuado. En el caso de publicarse mediante una editorial el coste lógicamente sería diferente y en función del número de tiradas y la respuesta a la venta al público, pero en este caso eso no se contempla.

9.3. Precios descompuestos.

Se obtienen los precios descompuestos de cada una de las partidas de nuestro proyecto.



Partida 1. Estudio previo				
Código	Unidad	Resumen	Precio (€)	Importe (€)
Partida 1	u	Incluye todos los estudios previos, toma de fotografías e identificación del terreno, además de la obtención de planos e información relevante para la elaboración del proyecto.		
P1.01	1,00(j)	Topógrafo y especialista en BIM	100,00	100,00
P1.02	1,00(j)	Ordenador	3,68	3,68
P1.03	1,00(j)	Microsoft Office 2017	0,56	0,56
P1.04	1,00(j)	Desplazamientos (gasolina)	1,10	1,10
			TOTAL	105,34

Tabla 11. Partida 1. Estudio previo.

El importe de la partida asciende a la cantidad de 105,34€ (ciento cinco con treinta y cuatro euros).

Partida 2. Escaneado y creación de la nube de puntos				
Código	Unidad	Resumen	Precio (€)	Importe (€)
Partida 2	u	Proceso de escaneado de la zona, incluyendo el montaje de los clústeres con SCENE y la realización de todas las medidas en campo.		
P2.01	4,00(j)	Topógrafo y especialista en BIM	100,00	400,00
P2.02	4,00(j)	FARO Focus X130	320,00	1.280,00
P2.03	2,00(j)	SCENE	0,00	0,00
P2.04	4,00(j)	Ordenador	3,68	14,72
P2.05	2,00(j)	Microsoft Office 2017	0,56	1,12
P2.06	4,00(j)	Desplazamientos (gasolina)	1,10	4,40
			TOTAL	1.700,24

Tabla 12. Partida 2. Escaneado y creación de la nube de puntos.

El importe de la partida asciende a la cantidad de 1.700,24€ (mil setecientos con veinticuatro euros).

Partida 3. Procesado de la nube de puntos				
Código	Unidad	Resumen	Precio (€)	Importe (€)
Partida 3	u	Procesado de la nube de puntos mediante Cloud Compare con los resultados obtenidos en el apartado anterior.		
P3.01	5,00(j)	Topógrafo y especialista en BIM	100,00	500,00
P3.02	1,00(j)	SCENE	0,00	0,00
P3.03	5,00(j)	Cloud Compare	0,00	0,00
P3.04	5,00(j)	Ordenador	3,68	18,40
P3.05	1,00(j)	Microsoft Office 2017	0,56	0,56
			TOTAL	518,96

Tabla 13. Partida 3. Procesado de la nube de puntos.

El importe de la partida asciende a la cantidad de 518,96€ (quinientos dieciocho con noventa y seis euros).



Partida 4. Modelado de la nube de puntos				
Código	Unidad	Resumen	Precio (€)	Importe (€)
Partida 4	u	Modelado de la nube de puntos con Revit. Incluye el procesado completo con Revit hasta obtener el modelo final.		
P4.01	12,00(j)	Topógrafo y especialista en BIM	100,00	1.200,00
P4.02	2,00(j)	Cloud Compare	0,00	0,00
P4.03	12,00(j)	Ordenador	3,68	44,16
P4.04	5,00(j)	AutoCAD 2018	12,48	62,40
P4.05	5,00(j)	Re-Cap PRO 2017	2,40	12,00
P4.06	12,00(j)	Revit 2017	17,92	215,04
P4.07	1,00(j)	Microsoft Office 2017	0,56	0,56
			TOTAL	1.534,16

Tabla 14. Partida 4. Modelado de la nube de puntos.

El importe de la partida asciende a la cantidad de 1.534,16€ (mil quinientos treinta y cuatro con dieciséis euros).

Partida 5. Obtención de resultados				
Código	Unidad	Resumen	Precio (€)	Importe (€)
Partida 5	u	Obtención de resultados como vistas 3D específicas, renders, planos o tablas de áreas y perímetros.		
P5.01	5,00(j)	Topógrafo y especialista en BIM	100,00	500,00
P5.02	5,00(j)	Ordenador	3,68	18,40
P5.03	5,00(j)	Revit 2017	17,92	89,60
P5.04	2,00(j)	Microsoft Office 2017	0,56	1,12
P5.05	15,00(u)	Renders	0,00	0,00
P5.06	5,00(u)	Planos A1	100,00	500,00
			TOTAL	1.109,12

Tabla 15. Partida 5. Obtención de resultados.

El importe de la partida asciende a la cantidad de 1.109,12€ (mil ciento nueve con doce euros).

Partida 6. Estudio dimensional y análisis de errores				
Código	Unidad	Resumen	Precio (€)	Importe (€)
Partida 6	u	Estudio dimensional y análisis de errores.		
P6.01	3,00(j)	Topógrafo y especialista en BIM	100,00	300,00
P6.02	3,00(j)	Ordenador	3,68	11,04
P6.03	3,00(j)	Revit 2017	17,92	53,76
P6.04	3,00(j)	Microsoft Office 2017	0,56	1,68
P6.05	1,00(j)	Desplazamientos (gasolina)	1,10	1,10
			TOTAL	367,58

Tabla 16. Partida 6. Estudio dimensional y análisis de errores.

El importe de la partida asciende a la cantidad de 367,58€ (trescientos sesenta y siete con cincuenta y ocho euros).



Partida 7. Redacción del proyecto				
Código	Unidad	Resumen	Precio (€)	Importe (€)
Partida 7	u	Redacción del proyecto.		
P7.01	3,00(j)	Topógrafo y especialista en BIM	100,00	300,00
P7.02	3,00(j)	Ordenador	3,68	11,04
P7.03	1,00(j)	Revit 2017	17,92	17,92
P7.04	3,00(j)	Microsoft Office 2017	0,56	1,68
P7.05	1,00(u)	Guía rápida de Revit para ingenieros	200,00	200,00
			TOTAL	530,64

Tabla 17. Partida 7. Redacción del proyecto.

El importe de la partida asciende a la cantidad de 530,64€ (quinientos treinta con sesenta y cuatro euros).

9.4. Presupuesto de ejecución material.

Con la suma de los presupuestos descompuestos de cada una de las partidas obtenemos el presupuesto de ejecución material del proyecto, correspondiente a los medios y mano de obra utilizados en dicho proyecto.

Código	Resumen	Importe (€)
Partida 1	Estudio previo	105,34
Partida 2	Escaneado y creación de la nube de puntos	1.700,24
Partida 3	Procesado de la nube de puntos	518,96
Partida 4	Modelado de la nube de puntos	1.534,16
Partida 5	Obtención de resultados	1109,12
Partida 6	Estudio dimensional y análisis de errores	367,58
Partida 7	Redacción del proyecto	530,64
		TOTAL
		5.866,04

Tabla 18. Presupuesto de ejecución material.

El importe del presupuesto de ejecución material del proyecto asciende a la cantidad de 5.866,04€ (cinco mil ochocientos sesenta y seis con cero cuatro euros).

9.5. Presupuesto de ejecución por contrata.

A nuestro presupuesto de ejecución material hay que añadirle un incremento del 13% (trece por ciento) de GG (Gastos Generales) y del 6% (seis por ciento) de BI (Beneficio Industrial). A esto tenemos que aplicarle el IVA (Impuesto de Valor Añadido), que en la legislación vigente se contempla en un 21% (veintiuno por ciento). Con todo esto obtenemos el presupuesto por contrata final de nuestro proyecto.



Incremento	Resumen	Subtotal (€)	Importe (€)
Presupuesto de ejecución material			5.866,04
13%	GG	762,58	
6%	BI	351,96	
TOTAL			6.980,58
Presupuesto por contrata			
21%	IVA	1.465,92	
TOTAL			8.446,50

Tabla 19. Presupuesto final de ejecución por contrata.

El importe del presupuesto de ejecución material del proyecto asciende a la cantidad de 8.446,50€ (ocho mil cuatrocientos cuarenta y seis con cincuenta euros).

Jaén (Jaén), a 20 de agosto de 2019

FDO: Roberto Moraga García

Autor del TFG

10. Conclusiones.

Tras observar los resultados obtenidos, el tiempo de trabajo implicado en ellos y las características de los programas utilizados, podríamos establecer una conclusión dividida en varias ramas: planificación, programas utilizados y aplicación en el mercado laboral.

En cuanto a la planificación, he comprendido que es esencial tener una base consistente, ya sea una buena planificación de la zona de estudio, unos buenos planos o simplemente un claro “planning” del orden de ejecución del proyecto. A lo largo de este proyecto, se ha podido ver como el no planificar desde primera hora todos estos ámbitos ha hecho que se hayan tenido que rehacer medidas con estaciones o que se hayan tenido que elaborar partes del proyecto en base a conceptos subjetivos y comparaciones con la realidad al no tener una base de planos correcta. Todo esto implica un mayor tiempo de trabajo y al final, en la vida real, incrementaría costes.

Hablando de los softwares o programas utilizados, cabe mencionar la facilidad de trabajo que presenta Cloud Compare en la relación resultado-tiempo, ya que si nos centramos en SCENE, es una herramienta que requiere poco tiempo de aprendizaje pero que tiene unos resultados poco satisfactorios en algunas ocasiones al no enlazar puntos correctamente, lo que hace que tengas que repetir procesos. Cloud Compare tiene una interfaz algo más compleja pero mucho más versátil, lo que mejora bastante el resultado.

No obstante, si tenemos una nube de puntos densa, se necesita un ordenador potente. En mi caso, tuve que apoyarme en los primeros tramos de los equipos de la Universidad para poder llevar a cabo la creación y procesado de la nube.



Si hablamos de Revit, la cosa es totalmente distinta. Hablamos de un programa que tiene una gran potencia de trabajo y ofrece unos resultados excelentes, sobre todo desde un punto de vista visual, ya que ofrece al usuario una visión muy real del modelo que está realizando. Sin embargo, la interfaz de este programa es muy compleja y poco intuitiva. Tareas que se pueden realizar en pocos minutos se acaban realizando en horas solo por el simple hecho de estar insertadas en esta interfaz de una manera muy poco intuitiva, lo que a mi parecer, resta puntos a este programa. Por otro lado, se necesita un ordenador muy potente para poder elaborar modelos complejos, ya que la carga del programa ralentiza la tarjeta gráfica cuando en pantalla están cargados muchos tipos de elementos a la vez (como sería el caso de la vegetación).

Tras todo esto, si hablamos del mercado laboral, este proyecto ha sido una gran oportunidad para ver una cara diferente de nuestro trabajo y un sistema nuevo y actual que en los años será obligatorio en muchas ramas, por lo que en cierto modo, abre puertas en el mercado.

Por último, resumiendo un poco estas conclusiones, este proyecto me ha permitido ver las dificultades que surgen desde el principio al final de un proyecto, remarcando la importancia de una base de trabajo consistente y correcta y afianzando conocimientos actuales que mejoran los ya adquiridos durante todos los años de mi carrera en este Grado de Ingeniería en Geomática y Topografía, lo que me hace decir con total rotundidad que ha sido una elección de proyecto de fin de grado totalmente acertada para mi aprendizaje, desde mi punto de vista.

11. Bibliografía.

- 3D CAD Portal. (29 de marzo de 2013). *Que es Autodesk ReCap*. Obtenido de <http://www.3dcadportal.com/que-es-autodesk-recap.html>
- 3D CAD Portal. (s.f.). *AUTOCAD*. Obtenido de <http://www.3dcadportal.com/autocad.html>
- Autodesk Revit. (2 de marzo de 2018). *¿Qué es Revit de Autodesk y para qué sirve?* Obtenido de <https://www.renderfactory.es/que-es-revit-de-autodesk-y-para-que-sirve/>
- BIMnD . (30 de enero de 2019). *¿Para quién y cuándo es obligatorio BIM?* Obtenido de BIMnD Building New Dimensions: <https://www.bimnd.es/quien-cuando-obligatorio-bim/>
- De Topografía. (12 de noviembre de 2012). *¿Qué es el Láser escáner terrestre?* Obtenido de <http://detopografia.blogspot.com/2012/11/que-es-el-laser-escaner-terrestre.html>
- De Topografía. (29 de abril de 2014). *Aplicaciones del láser escáner I*. Obtenido de <http://detopografia.blogspot.com/2014/04/aplicaciones-del-laser-escaner-i.html>
- ESDIMA. (2018). *Ventajas y desventajas de trabajar con BIM*. Obtenido de <https://esdimas.com/ventajas-y-desventajas-de-trabajar-con-bim/>
- FARO Technologies Inc. (01 de 03 de 2016). *FAROFocus3DX130HDR*. Obtenido de Especificaciones técnicas: www.faro.com/focus3d



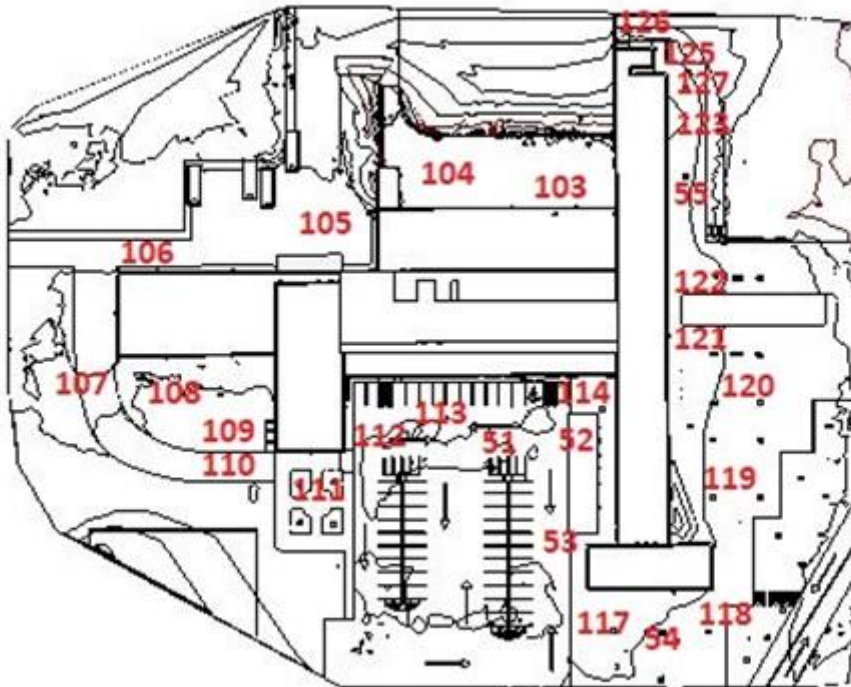
- FARO Technologies Inc. (s.f.). *FARO FOCUS*. Obtenido de SCENE: https://www.faro.com/es-es/productos/construccion-bim-cim/faro-focus/?gclid=CjwKCAjwmtDpBRAQEiwAC6lm43hoKFbHLHJQcsphE7XQ3_9-3HlJnYUI92Eum98RSTC43rdcnY-YWRoC6gsQAvD_BwE
- Fernández, M. G. (s.f.). *LOD NIVEL DE DESARROLLO*. Obtenido de EDITECA: <https://editeca.com/lod-nivel-de-desarrollo/>
- Herrera, J. F. (4 de septiembre de 2017). *La Historia de BIM: Building Information Modeling*. Obtenido de Lean Construction México: <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/single-post/HistoriaBIM>
- Imasgal. (s.f.). *NIVEL DE DESARROLLO (LOD) EN BIM*. Obtenido de <https://imasgal.com/nivel-desarrollo-bim-lod/>
- LibE57. (s.f.). *libE57: Herramientas de software para gestionar archivos E57*. Obtenido de <http://www.libe57.org>
- NMEA. (s.f.). *Sentencias NMEA e interfaz EPIRB*. Obtenido de http://www.n6rfm.com/NMEA_EPIRB.htm
- Pereira, J. (11 de octubre de 2012). *CloudCompare, análisis de nubes de puntos para fotogrametría*. Obtenido de Digital Heritage: <http://www.jpereira.net/software-revisiones-y-consejos/cloudcompare-analisis-de-nubes-de-puntos-para-fotogrametria>
- Pilar Merchán, S. S. (5 de septiembre de 2018). PASADO, PRESENTE Y FUTURO DE LOS HBIM. *Actas de las XXXIX Jornadas de Automática* (pág. 8). Badajoz: Universidad de Extremadura.
- Structuralia . (22 de marzo de 2017). *Del CAD al BIM: las claves de la transición digital*. Obtenido de Blog Structuralia: <https://blog.structuralia.com/del-cad-al-bim-las-claves-de-la-transicion-digital>
- Universidad de Jaén. (s.f.). *Edificio B1 Rectorado*. Obtenido de Vicerrectorado de Universidad Digital: <https://www.ujaen.es/gobierno/victinf/edificio-b1-rectorado>
- Zapata, P. (27 de enero de 2017). *Conceptos Fundamentales de ARCHICAD*. Obtenido de GRAPHISOT Latinoamérica: <http://blog.graphisoft.lat/conceptos-fundamentales-de-archicad/>
- ZIGURAT GLOBAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY. (17 de julio de 2018). *¿QUÉ SOFTWARE BIM DEBO UTILIZAR?* Obtenido de Software para Building Information Modeling: <https://www.e-zigurat.com/blog/es/que-software-bim-debo-utilizar/>



ANEXO I: RESEÑAS DE LAS ESTACIONES

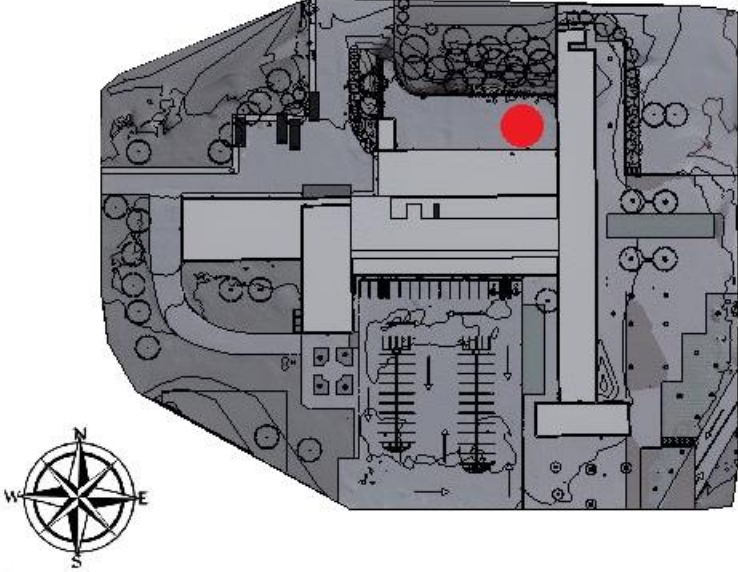
El proyecto se compone por 27 estaciones, las cuales se alinean y distribuyen del siguiente modo:

103 – 104 – 105 – 106 – 107 – 108 – 109 – 110 – 111 – 112 – 113 – 51 – 114 – 52 – 53
– 117 – 54 – 118 – 119 – 120 – 121 – 122 – 55 – 132 – 127 – 125 – 126

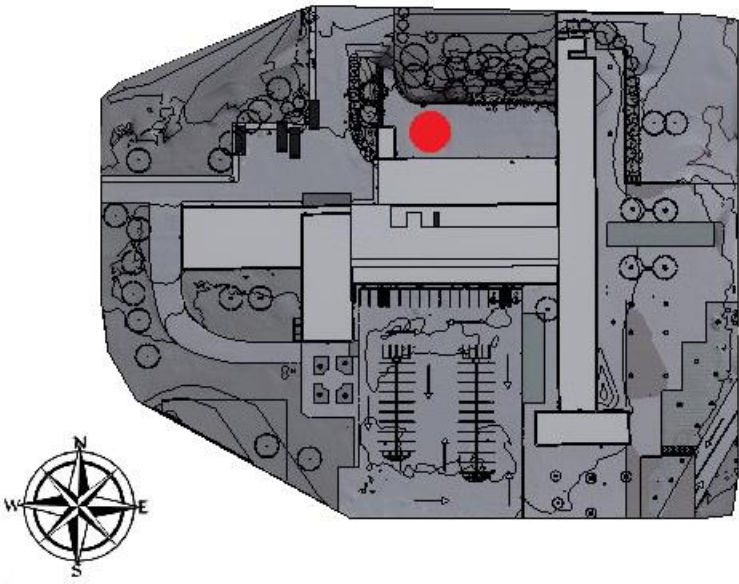


Tal y como se indicará en las reseñas, la fuente de las coordenadas es el código MMA del instrumento, obteniendo las coordenadas en latitud y longitud en el formato GPGGA, que transformamos a grados, minutos y segundos siguiendo las indicaciones de la sentencia NMEA (Fuente: http://www.n6rfm.com/NMEA_EPIRB.htm).

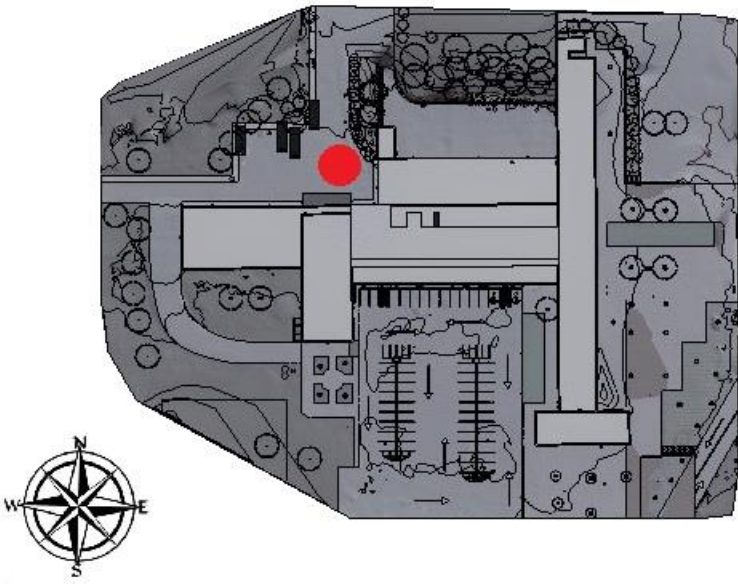
1. Estación 103.

ID	Estación 103
	
Descripción	Es la primera estación del clúster que formará la nube de puntos del proyecto, lindando al noreste con la estación 126 y al oeste con la 104.
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'23'' / Longitud 3°46'46''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

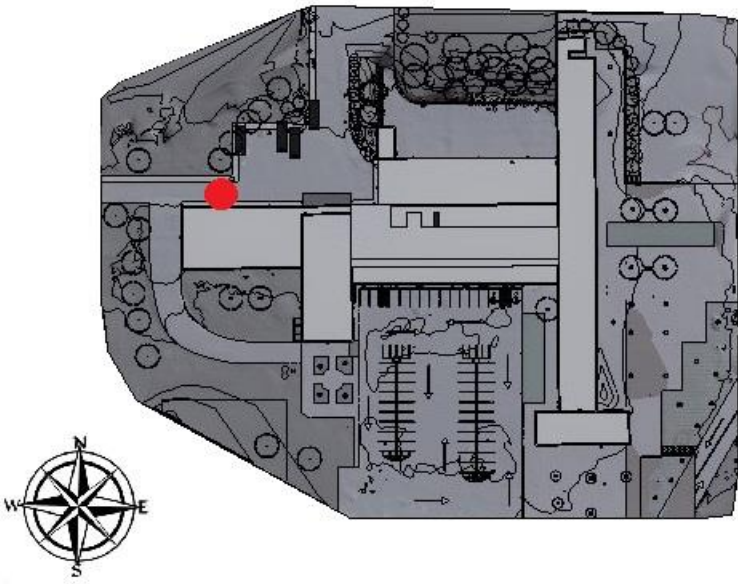
2. Estación 104.

ID	Estación 104
	
Descripción	Linda al este con la estación 103 y al oeste con la 105.
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'24'' / Longitud 3°46'47''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

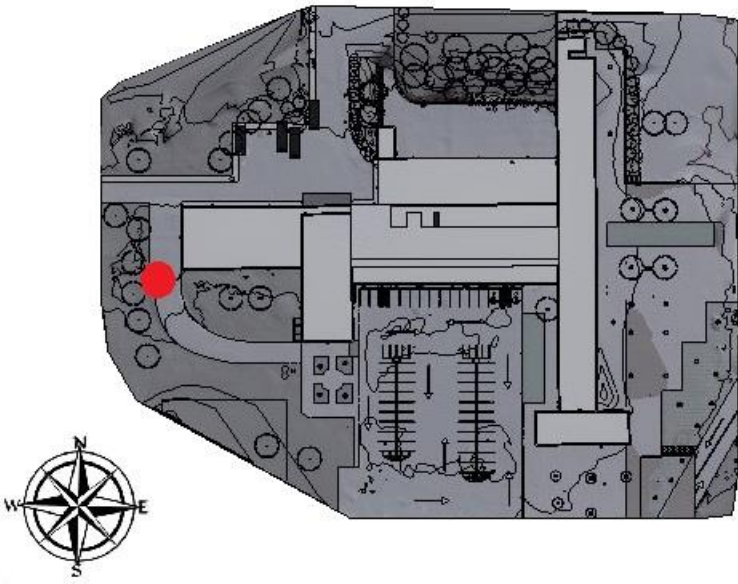
3. Estación 105.

ID	Estación 105
	
Descripción	Linda al este con la estación 104 y al oeste con la 106.
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'24'' / Longitud 3°46'48''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

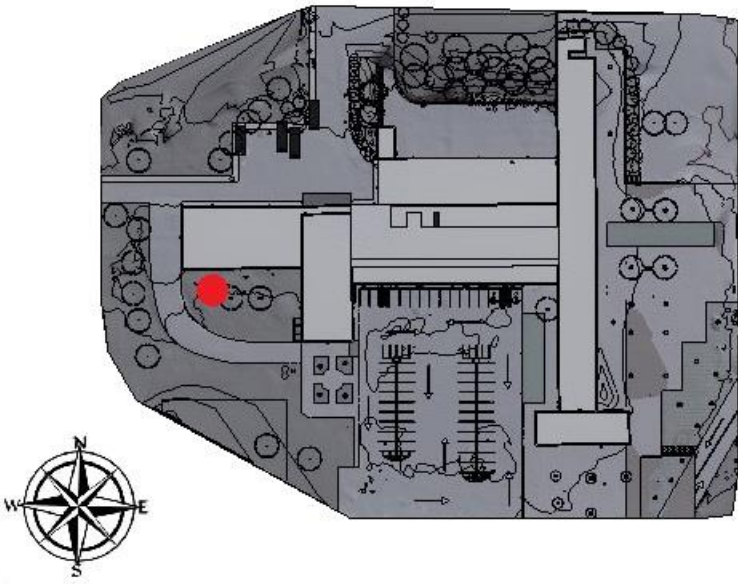
4. Estación 106.

ID	Estación 106
	
Descripción	Linda al este con la estación 105 y al sur con la 107.
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'24'' / Longitud 3°46'50''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

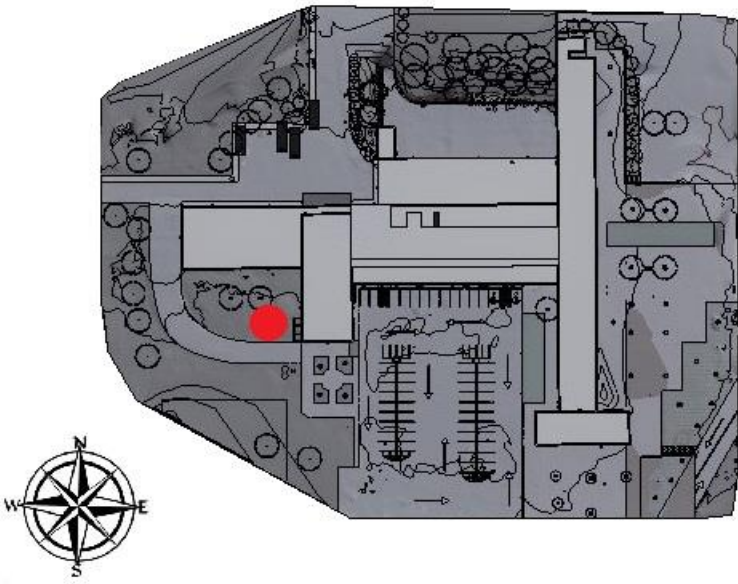
5. Estación 107.

ID	Estación 107
	
Descripción	Linda al norte con la estación 106 y al este con la 108.
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'23'' / Longitud 3°46'50''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

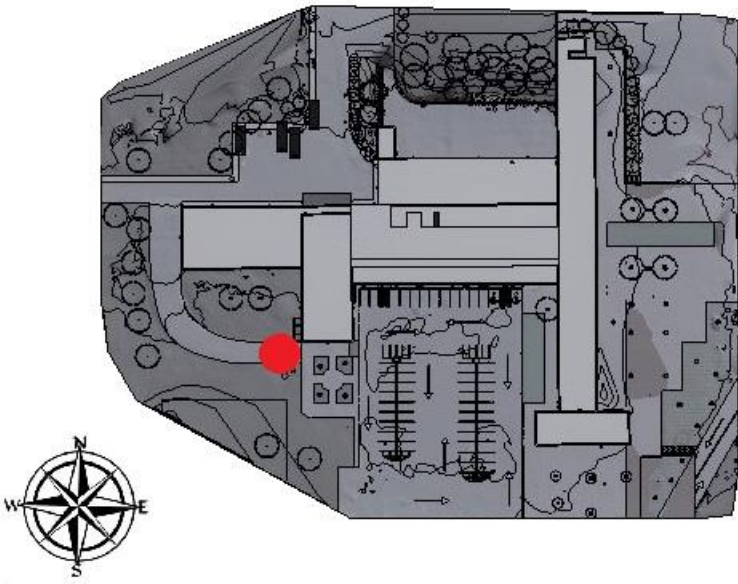
6. Estación 108.

ID	Estación 108
	
Descripción	Linda al oeste con la estación 107 y al este con la 109.
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'23'' / Longitud 3°46'49''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

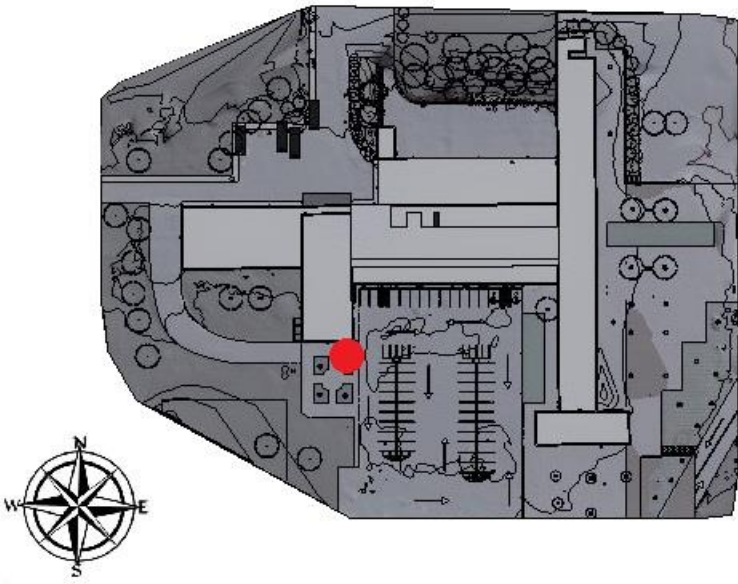
7. Estación 109.

ID	Estación 109
	
Descripción	Linda al oeste con la estación 108 y al sur con la 110.
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'23'' / Longitud 3°46'49''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

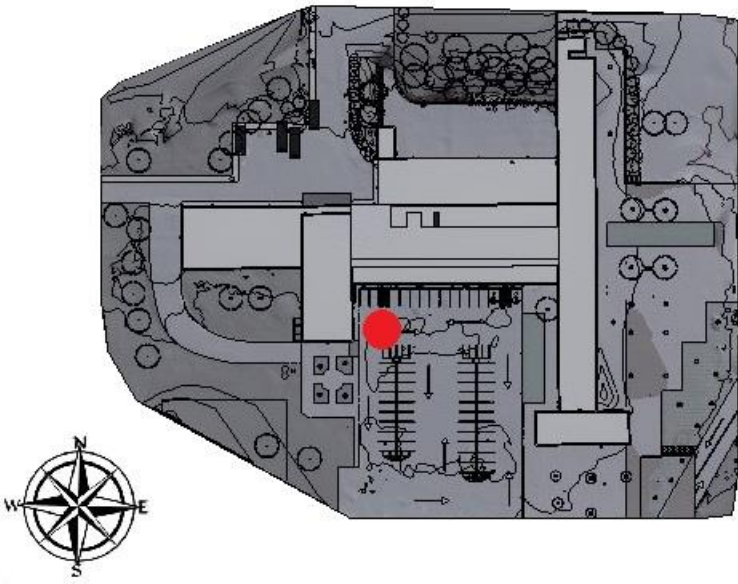
8. Estación 110.

ID	Estación 110
	
Descripción	Linda al norte con la estación 109 y al este con la 111.
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'22'' / Longitud 3°46'49''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

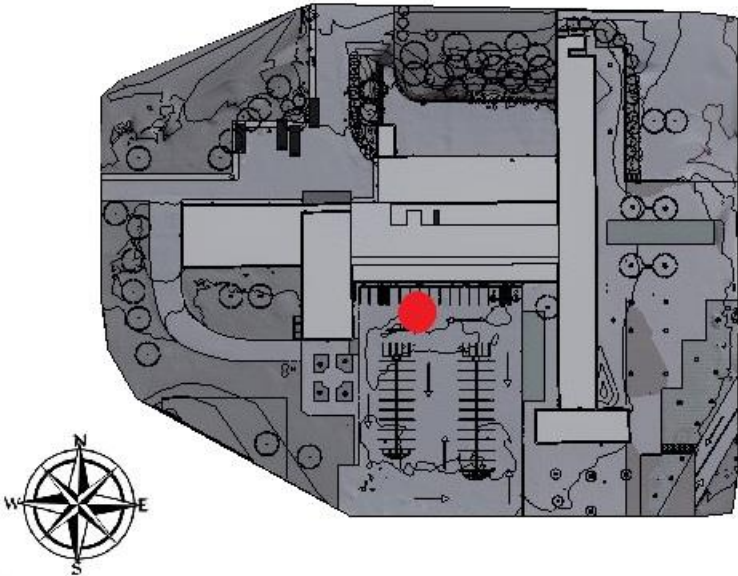
9. Estación 111.

ID	Estación 111
	
Descripción	Linda al oeste con la estación 110 y al norte con la 112
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'22'' / Longitud 3°46'48''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

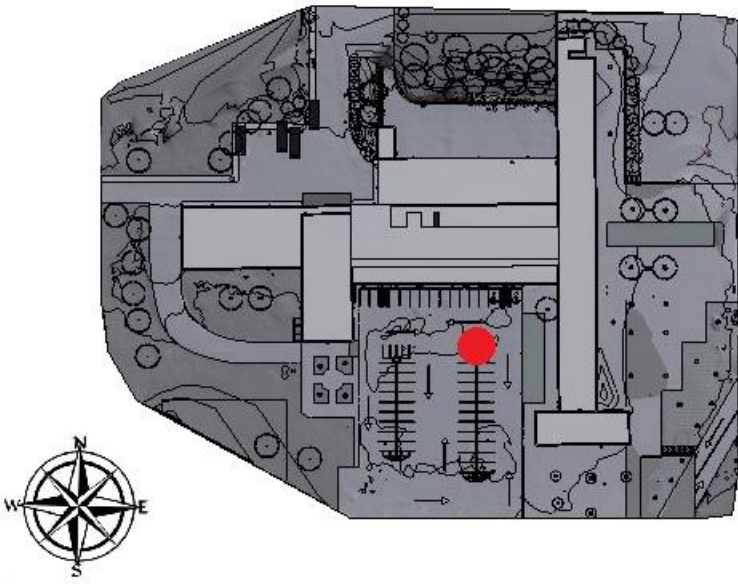
10. Estación 112.

ID	Estación 112
	
Descripción	Linda al sur con la estación 111 y al este con la 113.
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'23'' / Longitud 3°46'48''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

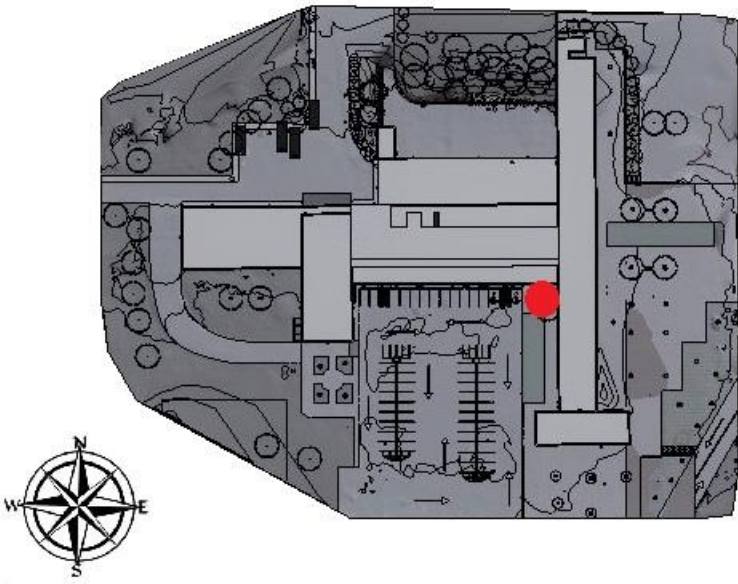
11. Estación 113.

ID	Estación 113
	
Descripción	Linda al oeste con la estación 112 y al este con la 51.
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'23'' / Longitud 3°46'48''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

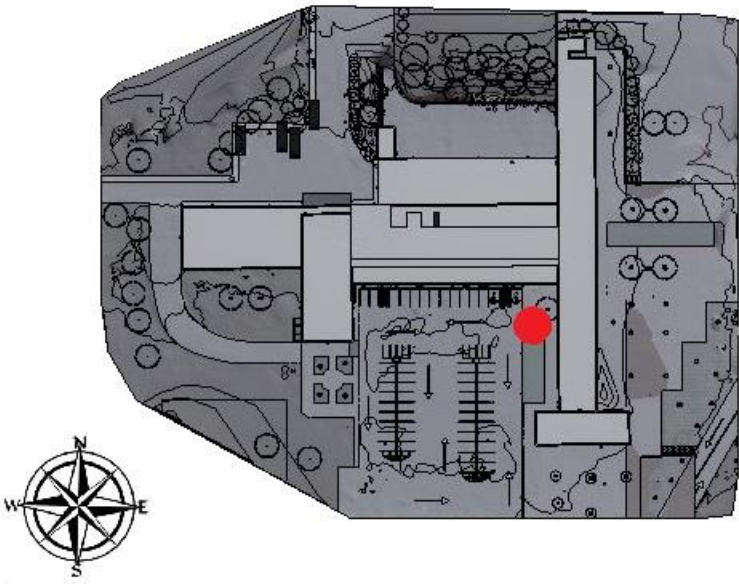
12. Estación 51.

ID	Estación 51
	
Descripción	Linda al oeste con la estación 113 y al este con la 114.
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'22'' / Longitud 3°46'47''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

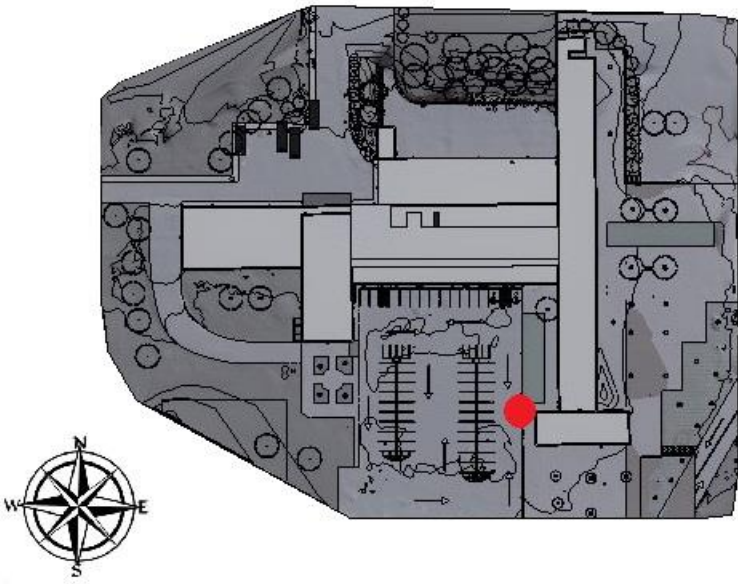
13. Estación 114.

ID	Estación 114
	
Descripción	Linda al oeste con la estación 51 y al sur con la 52.
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'22'' / Longitud 3°46'47''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

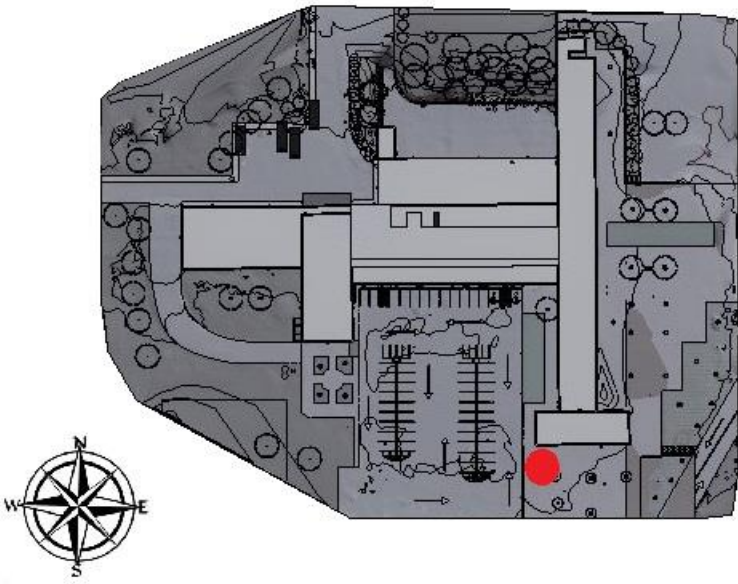
14. Estación 52.

ID	Estación 52
	
Descripción	Linda al norte con la estación 114 y al sur con la 53.
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'22'' / Longitud 3°46'47''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

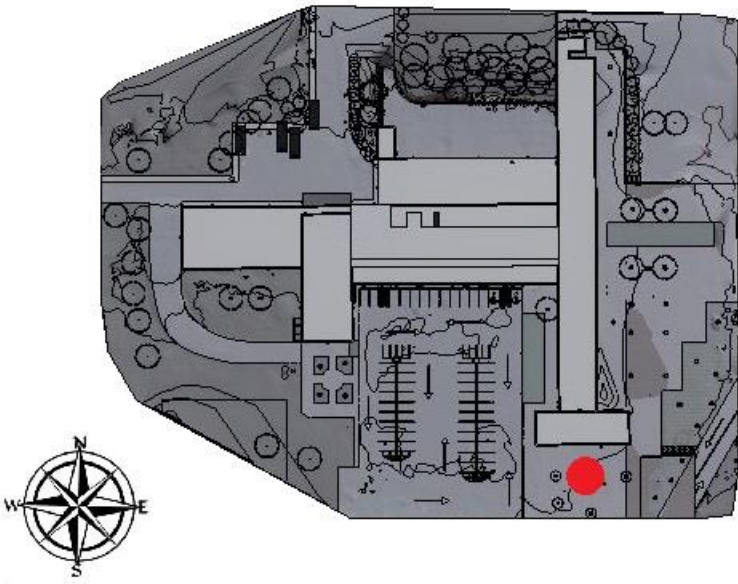
15. Estación 53.

ID	Estación 53
	
Descripción	Linda al norte con la estación 52 y al sur con la 117.
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'21'' / Longitud 3°46'47''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

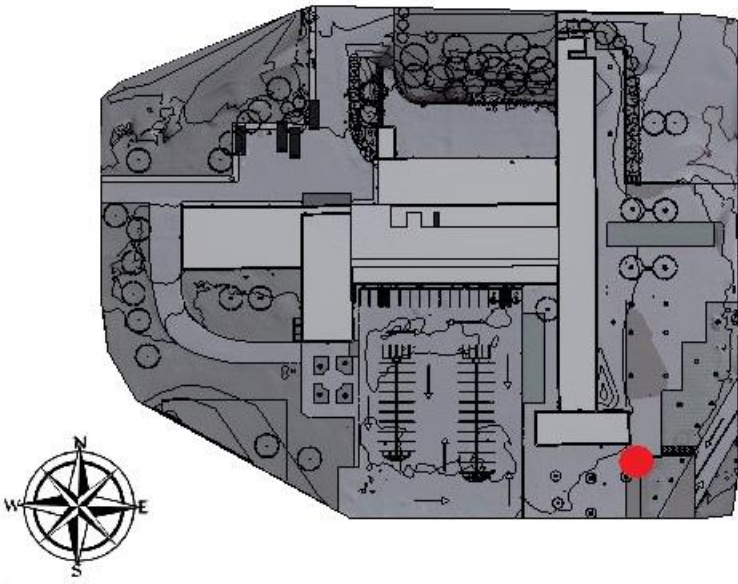
16. Estación 117.

ID	Estación 117
	
Descripción	Linda al norte con la estación 53 y al este con la 54.
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'21'' / Longitud 3°46'47''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

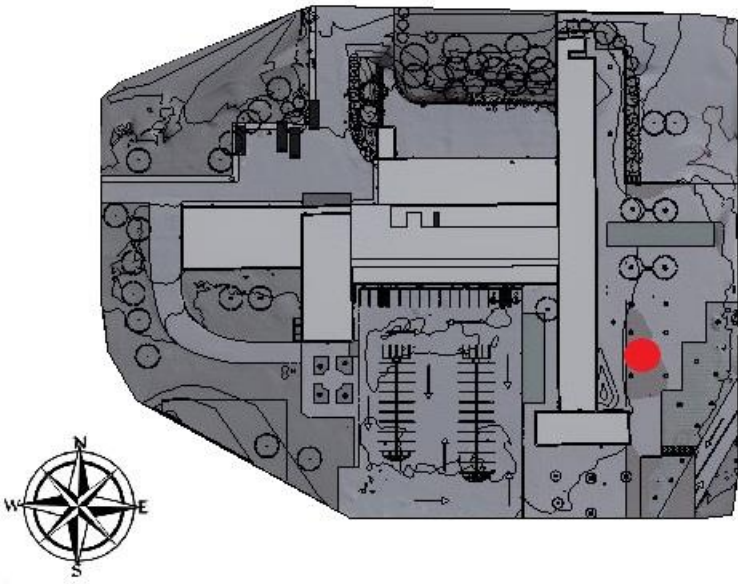
17. Estación 54.

ID	Estación 54
	
Descripción	Linda al oeste con la estación 117 y al este con la 118.
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'21'' / Longitud 3°46'47''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

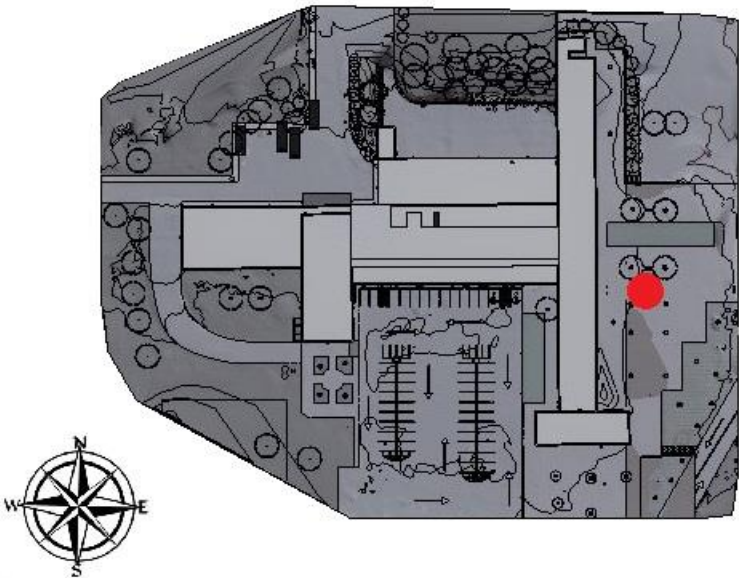
18. Estación 118.

ID	Estación 118
	
Descripción	Linda al oeste con la estación 54 y al norte con la 119.
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'21'' / Longitud 3°46'46''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

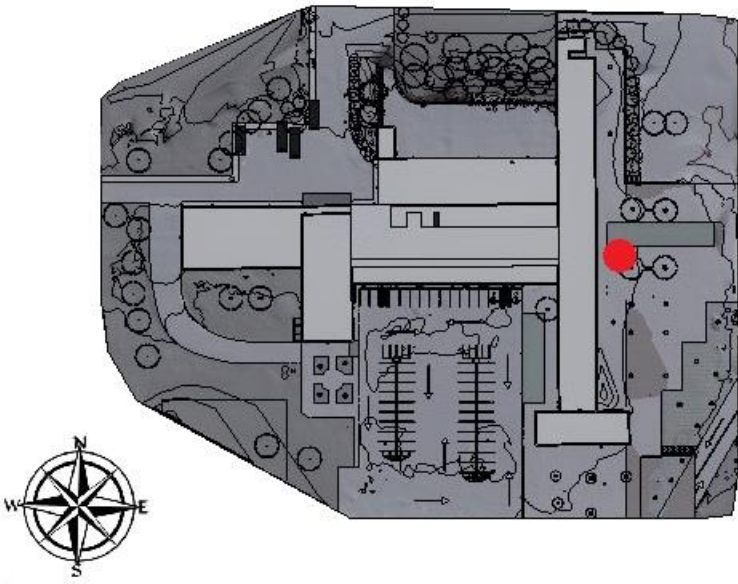
19. Estación 119.

ID	Estación 119
	
Descripción	Linda al sur con la estación 118 y al norte con la 120.
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'21'' / Longitud 3°46'46''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

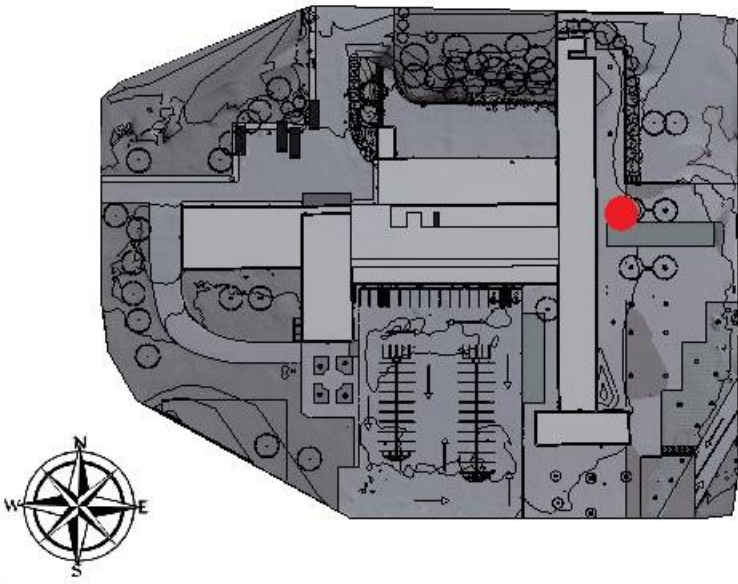
20. Estación 120.

ID	Estación 120
	
Descripción	Linda al sur con la estación 119 y al norte con la 121.
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'22'' / Longitud 3°46'45''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

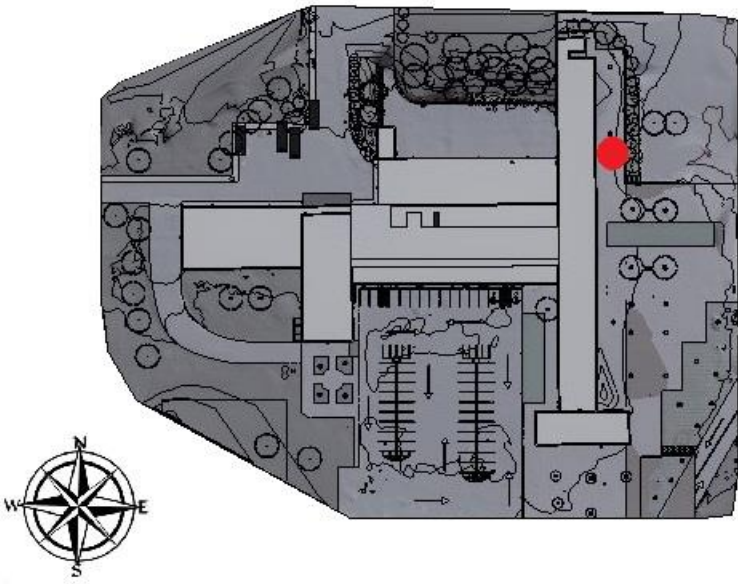
21. Estación 121.

ID	Estación 121
	
Descripción	Linda al sur con la estación 120 y al norte con la 122.
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'22'' / Longitud 3°46'46''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

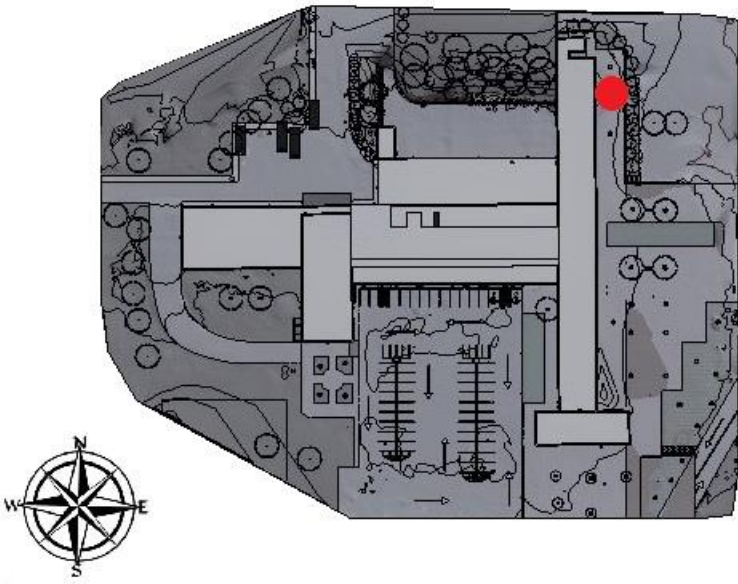
22. Estación 122.

ID	Estación 122
	
Descripción	Linda al sur con la estación 121 y al norte con la 55.
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'23'' / Longitud 3°46'46''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

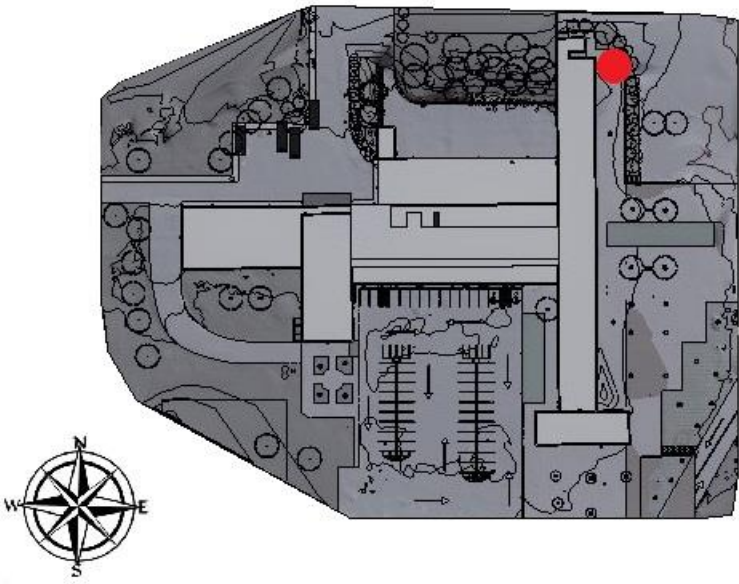
23. Estación 55.

ID	Estación 55
	
Descripción	Linda al sur con la estación 122 y al norte con la 123.
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'23'' / Longitud 3°46'45''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

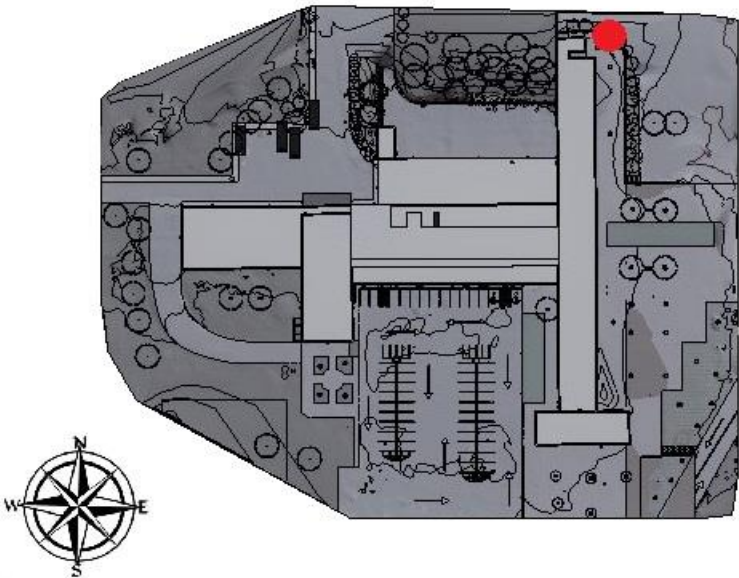
24. Estación 123.

ID	Estación 123
	
Descripción	Linda al sur con la estación 55 y al norte con la 127.
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'24'' / Longitud 3°46'45''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

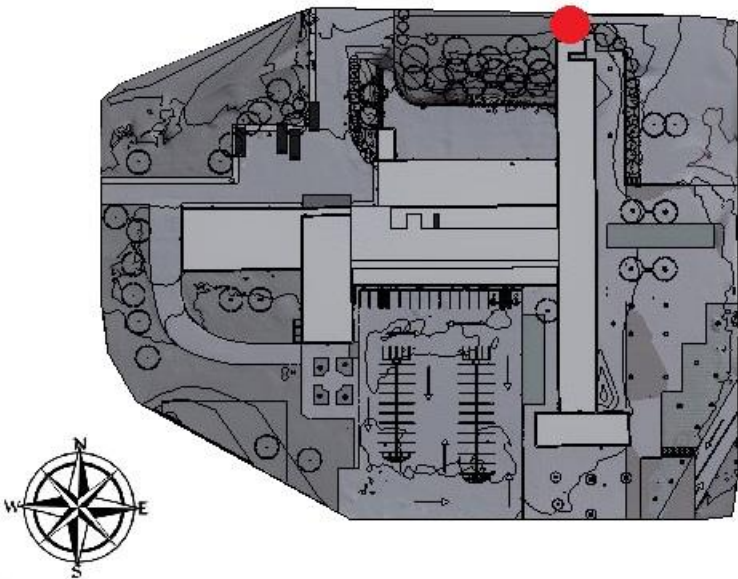
25. Estación 127.

ID	Estación 127
	
Descripción	Linda al sur con la estación 123 y al norte con la 125.
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'24'' / Longitud 3°46'45''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

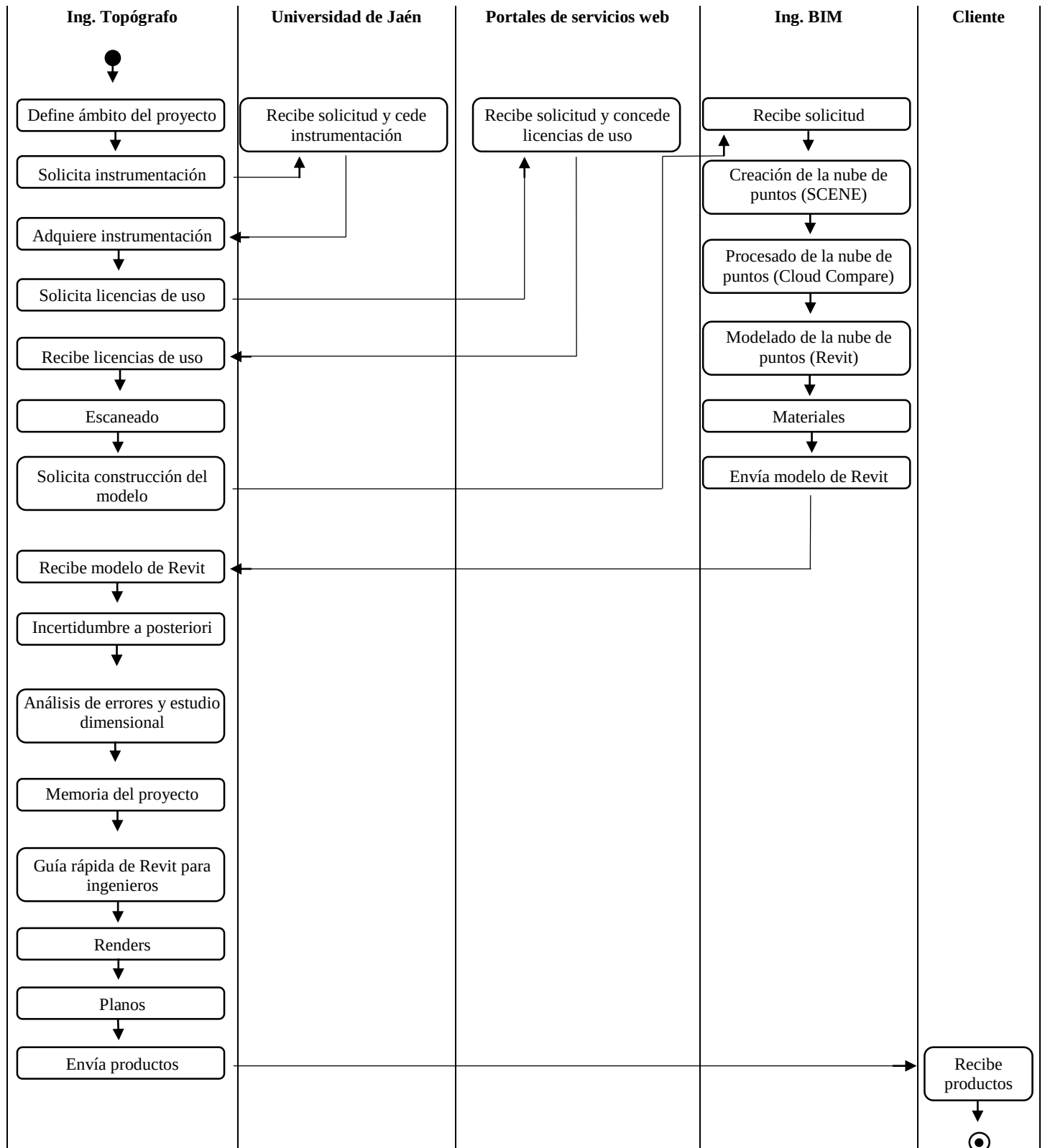
26. Estación 125.

ID	Estación 125
	
Descripción	Linda al sur con la estación 127 y al norte con la 126.
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'24'' / Longitud 3°46'45''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

27. Estación 126.

ID	Estación 126
	
Descripción	Es la última estación del clúster que formará la nube de puntos del proyecto, lindando al suroeste con la estación 103 y al sureste con la 125.
Localización	
Coordenadas	Latitud 37°47'24'' / Longitud 3°46'45''
Otros datos	Coordenadas en WGS84, cuya fuente de datos es el código NMEA del instrumento. El punto no está marcado sobre el terreno.

ANEXO II – DIAGRAMA UML DEL PROYECTO

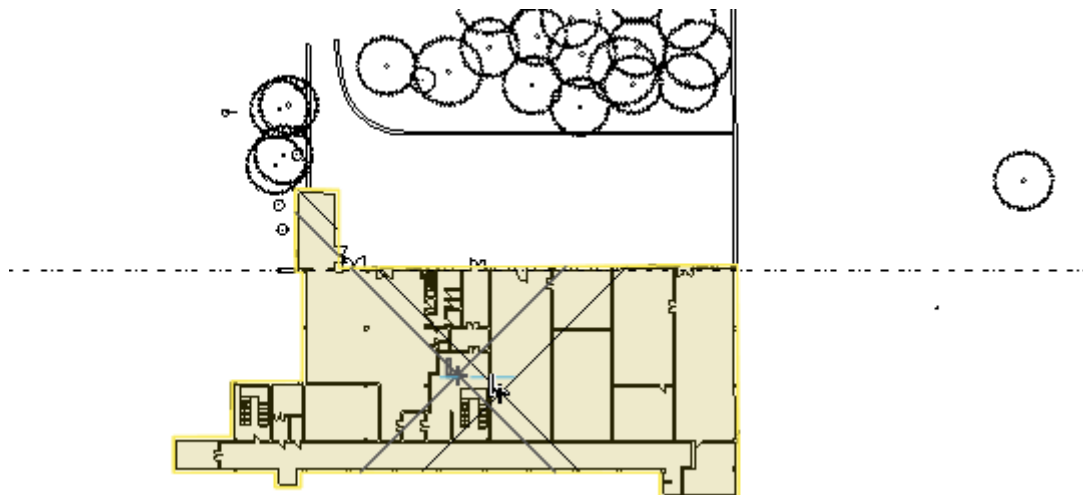


ANEXO III – ÁREAS

A lo largo de este anexo se presenta el cálculo de las áreas de cada planta tanto en Revit como AutoCAD para el modelo y los planos respectivamente. Cabe destacar que los perímetros se han medido abarcando las mismas zonas, en AutoCAD hay que calcularlo por separado y en Revit se calcula con el mismo comando que las áreas de forma automática.

Sótano.

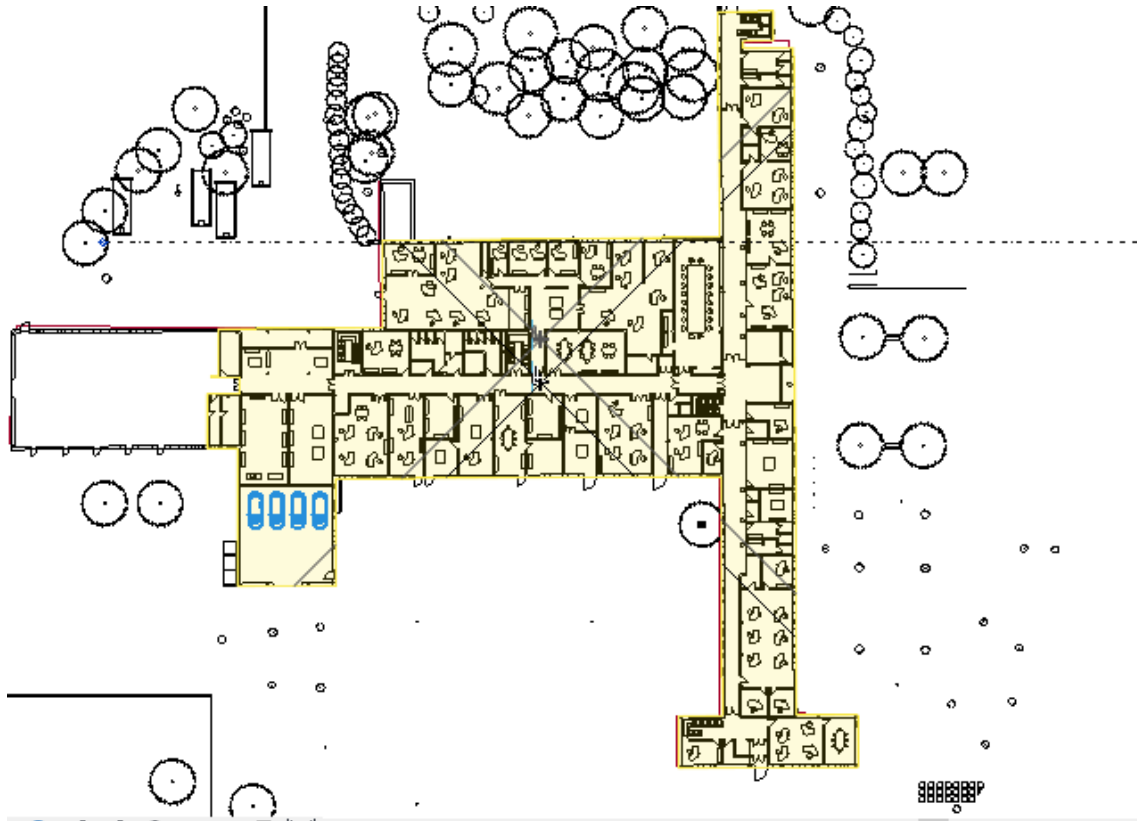
- AutoCAD: Área 975,36 m²; Perímetro 174,94 m.
- Revit: 991,97 m²; 174,81 m.



Planta baja.

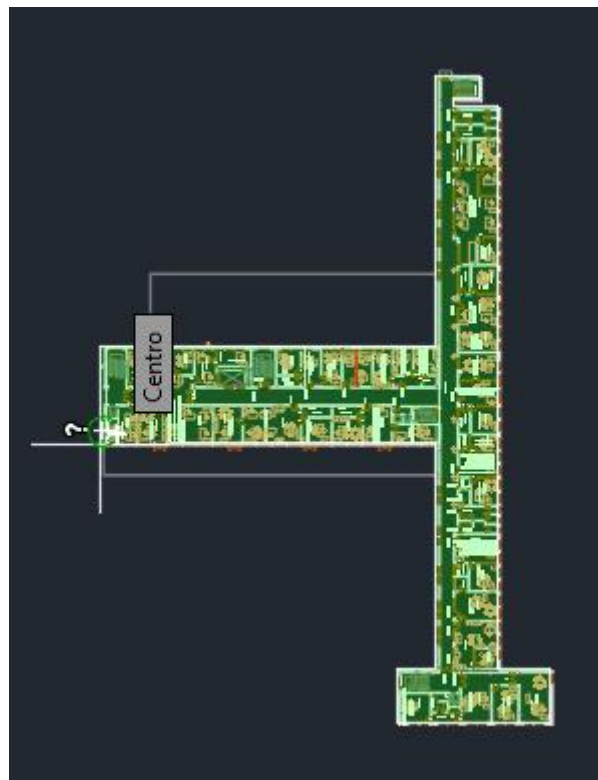
- AutoCAD: Área 2725,66 m²; Perímetro 404,25 m.
- Revit: 2806,58 m²; 406,93 m.

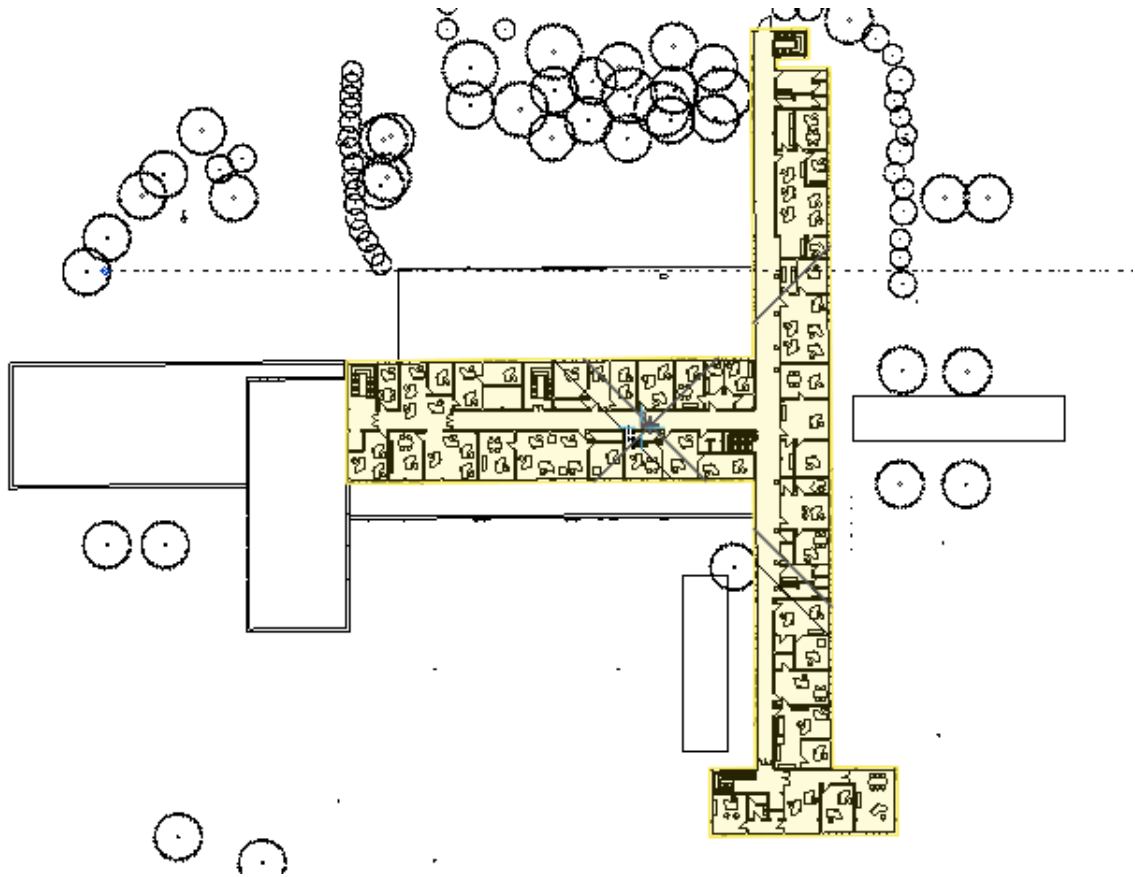




Primera planta.

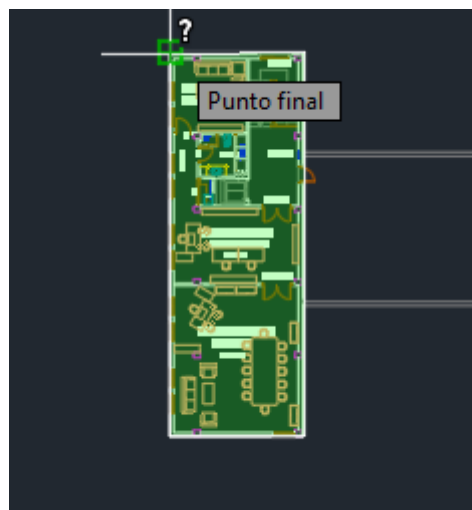
- AutoCAD: Área 1654,45 m²; Perímetro 340,86 m.
- Revit: 1730,62 m²; 344,46 m.

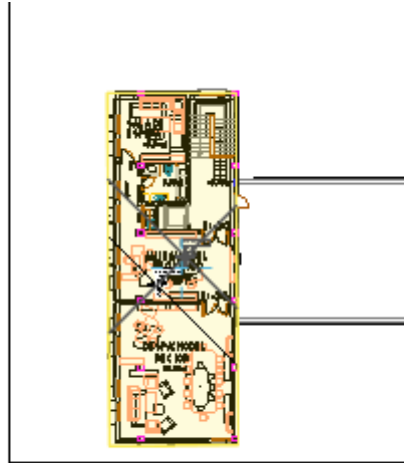




Segunda planta.

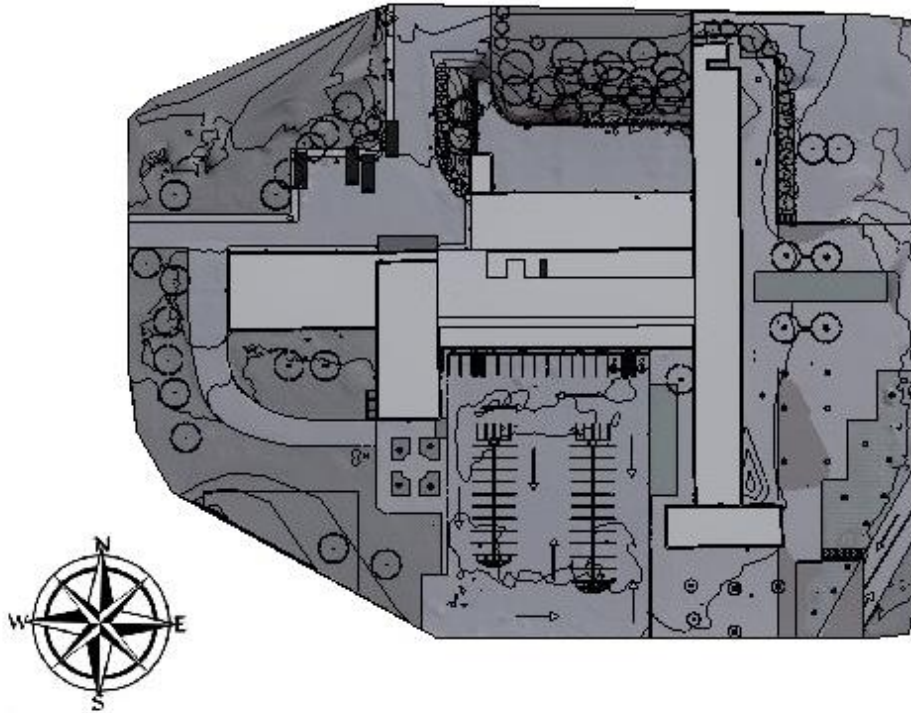
- AutoCAD: Área 173,73 m²; Perímetro 60,73 m.
- Revit: 186,23 m²; 61,64 m.





ANEXO IV: IMÁGENES DIGITALES (RENDERS)

A la hora de la realización de los distintos renders se ha tenido en cuenta por un lado el único uso de la luz solar y por otro el único uso de la luz artificial. La siguiente imagen nos servirá para orientarnos en la zona de estudio y poder referenciar las zonas de cada render, las cuales se determinan en los siguientes puntos.



1. Luz solar.

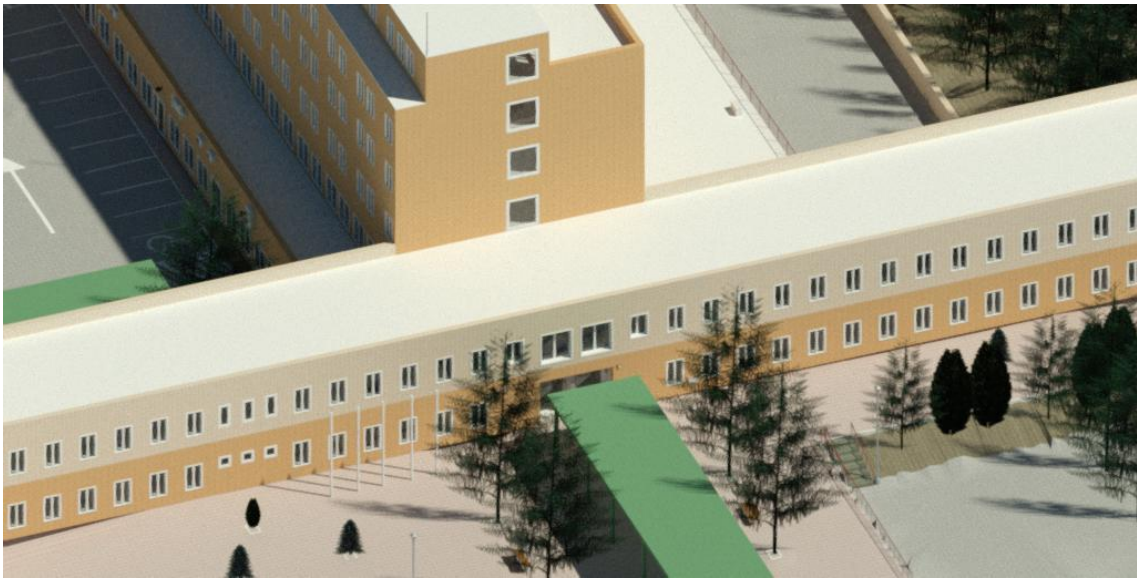
Vista aérea desde la zona noroeste, enfocando el edificio completo junto a su exterior. Se puede visualizar el modelo completo terminado.



Vista aérea desde la zona noreste, enfocando el edificio completo junto a su exterior. Al igual que en el anterior, se puede visualizar el modelo completo terminado. Estos dos renders nos sirven para comprobar el gran parecido del modelo renderizado en relación al edificio real.



Vista aérea desde la zona este, enfocando la entrada principal del edificio. Se puede visualizar el detalle de la escalera y los elementos contiguos a la entrada principal.



Vista aérea desde la zona este, enfocando el edificio en dirección sur. Se pueden visualizar los detalles de la fachada y el falso techo del edificio.



Vista aérea desde la zona sur, enfocando el edificio en dirección este. Se pueden visualizar los detalles de la fachada y del parking.



Vista aérea desde la zona sur, enfocando el edificio en dirección oeste. Se visualiza el vallado y el camino que lleva a la zona norte, bordeando por el oeste.



Vista aérea desde la zona norte, enfocando el edificio en dirección sur. Se visualiza el desnivel entre el exterior del sótano y la planta baja, además de los detalles del exterior.



2. Luz artificial.

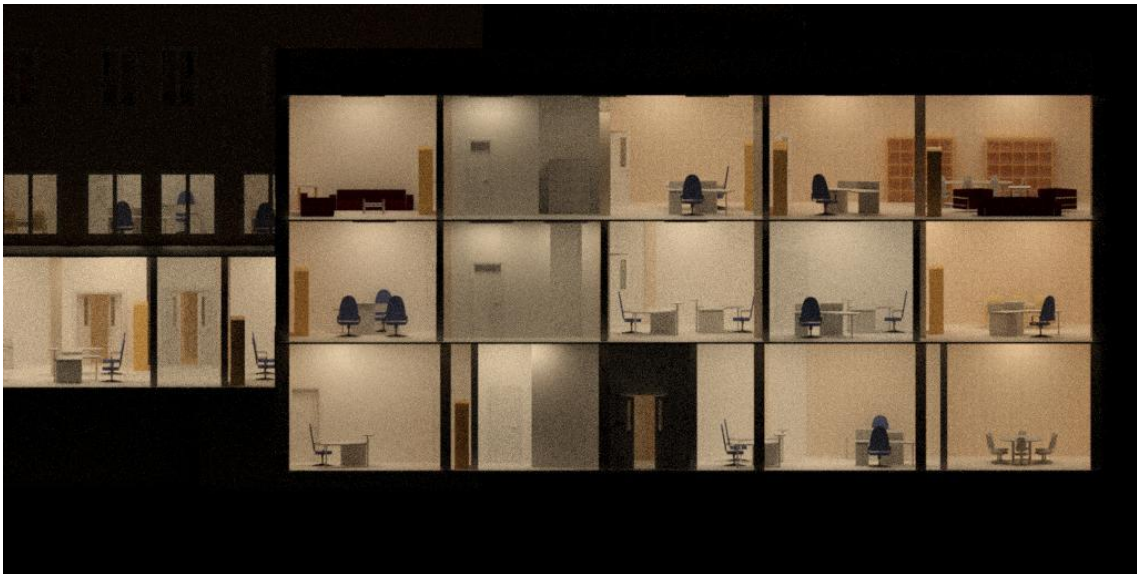
Vista aérea desde la zona suroeste, enfocando el edificio en dirección este. Se visualiza el edificio completo con una toma nocturna, utilizando solamente luz artificial.



Vista aérea del interior del edificio desde la zona este, visualizando las escaleras y las habitaciones interiores con luz artificial.



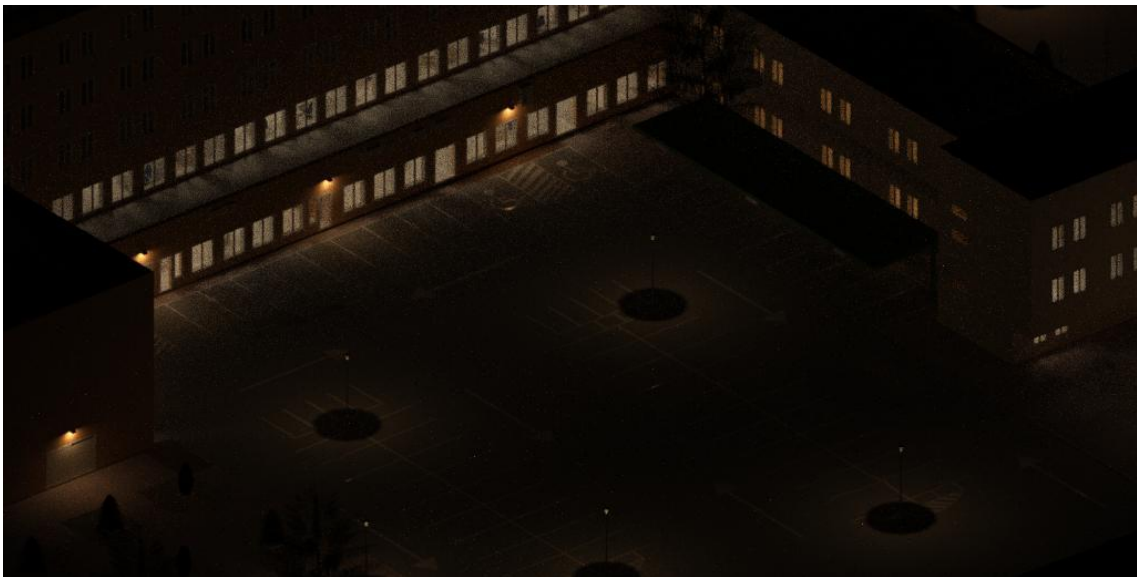
Vista aérea del interior del edificio desde la zona sur, visualizando los detalles del interior del edificio con luz artificial.



Vista aérea desde la zona sureste, enfocando el edificio en dirección noroeste. Se visualiza el exterior del edificio con una toma nocturna, apreciando el falso techo y los detalles del exterior.



Vista aérea desde la zona suroeste, enfocando el edificio en dirección noreste. Se visualiza el parking con una toma nocturna y utilizando luz artificial.



Vista aérea desde la zona sur, enfocando el edificio en dirección oeste. Se visualiza el camino que lleva a la zona norte, bordeando por el oeste y cómo la poca luz artificial no permite ver el vallado que sí se ve en la toma de luz solar.

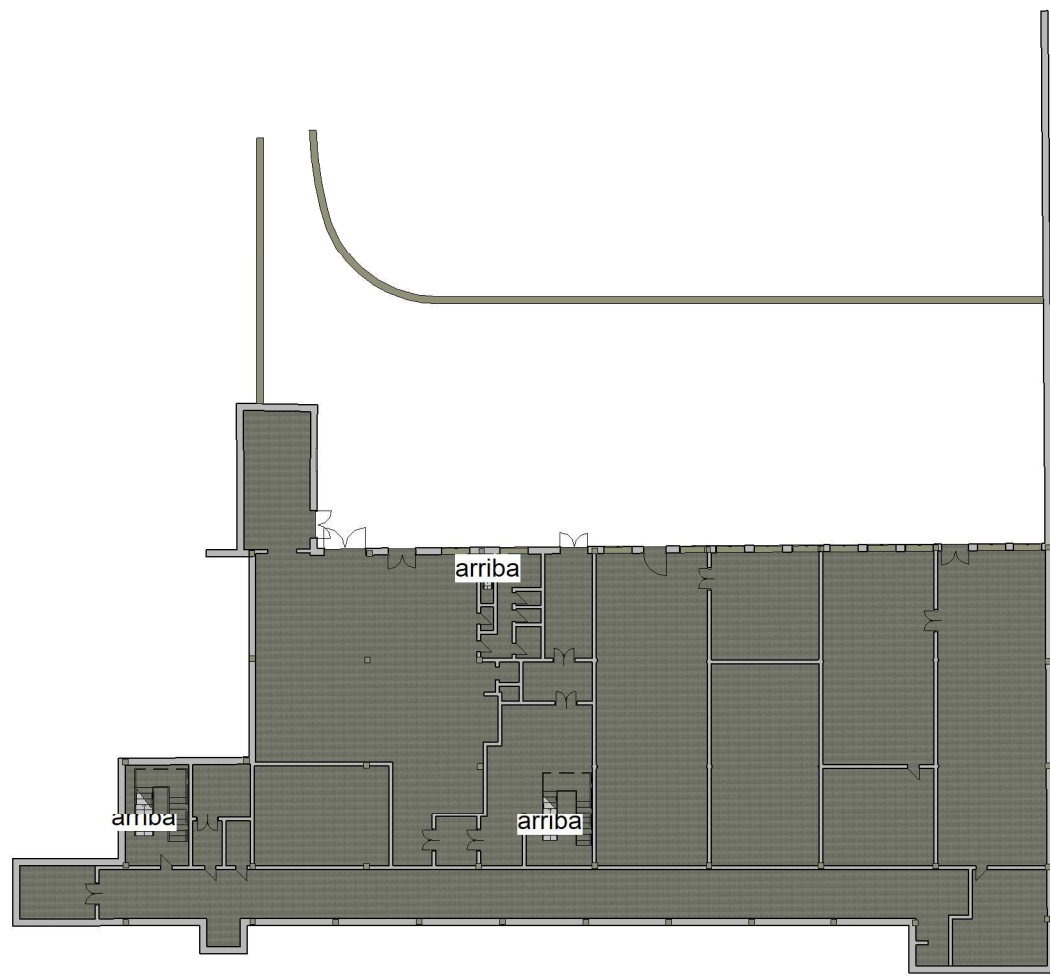


Vista aérea desde la zona oeste, enfocando el edificio en dirección este. Se visualiza el exterior del edificio con una toma nocturna, utilizando luz artificial.

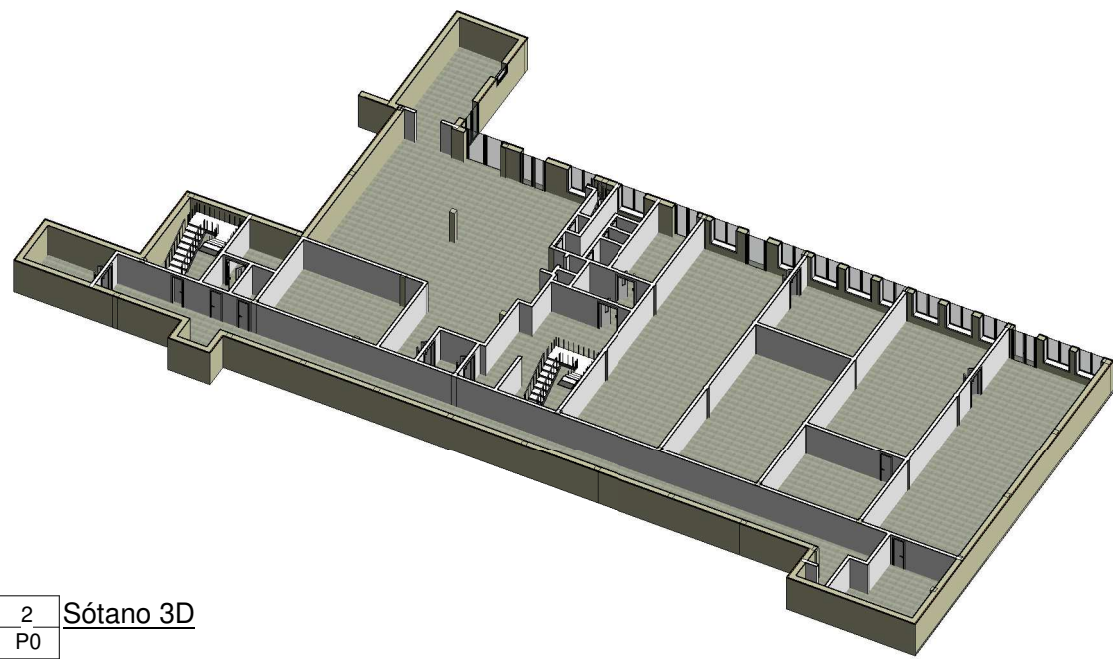


Vista aérea desde la zona noroeste, enfocando el edificio en dirección sureste. Se visualiza el desnivel entre el exterior del sótano y la planta baja, además de los detalles del exterior utilizando una toma nocturna con luz artificial.

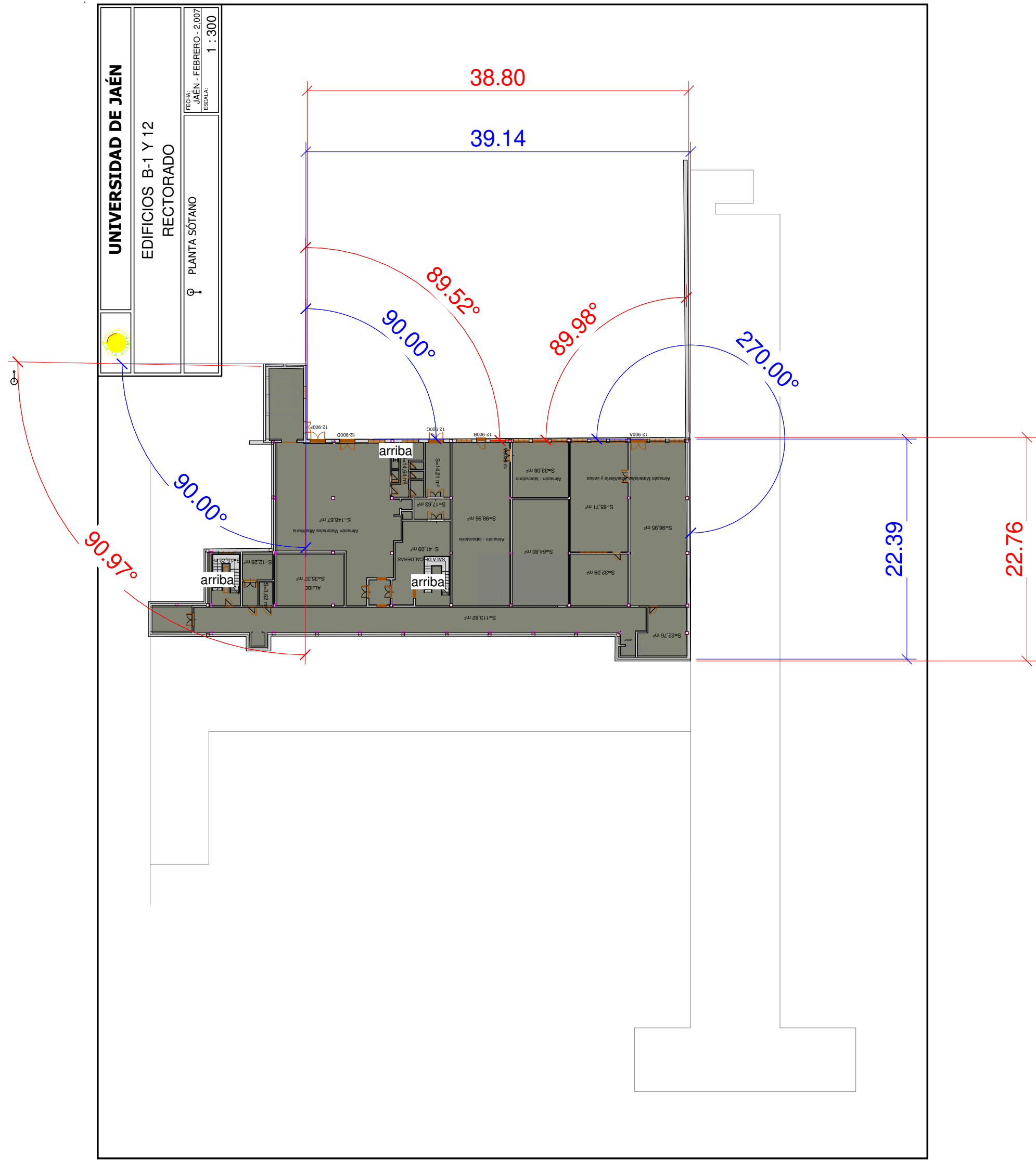




1 Sótano
P0 1 : 400



2 Sótano 3D
P0



3 Sótano + plano
P0 1 : 400



Universidad de Jaén

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN

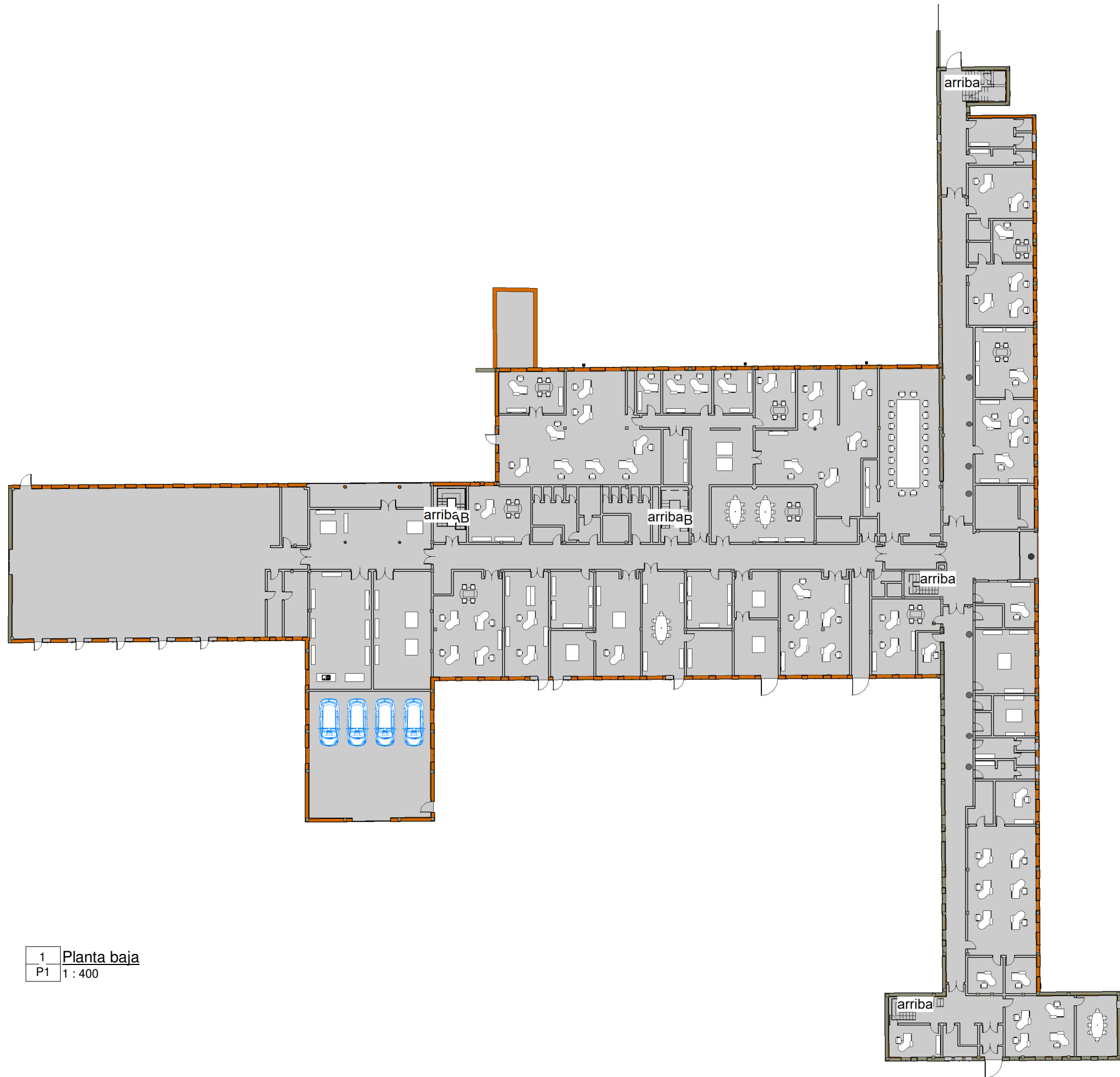
EDIFICIO B1 - RECTORADO

AUTOR: ROBERTO MORAGA GARCÍA

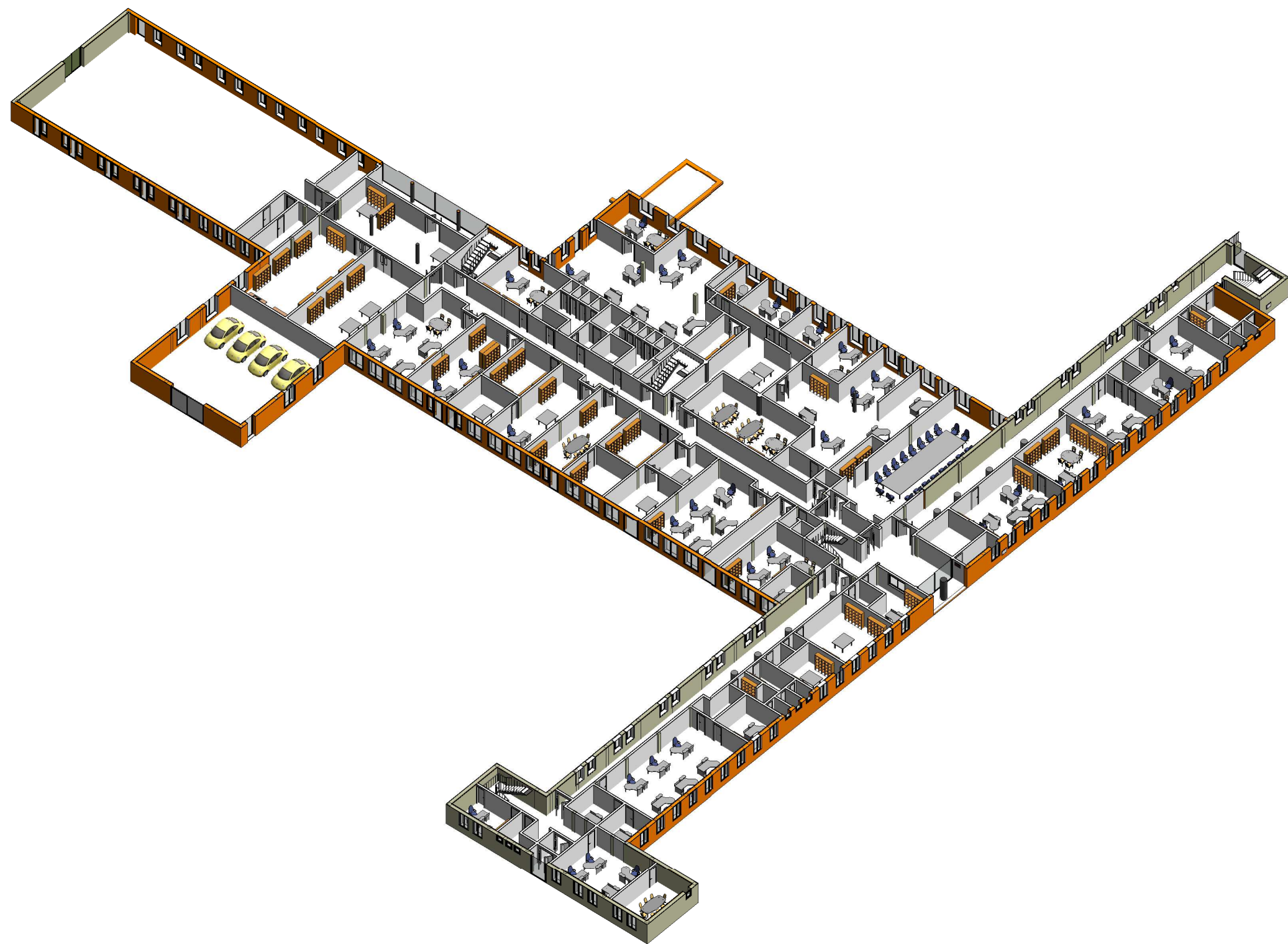
SÓTANO

ESCALA : 1 : 400

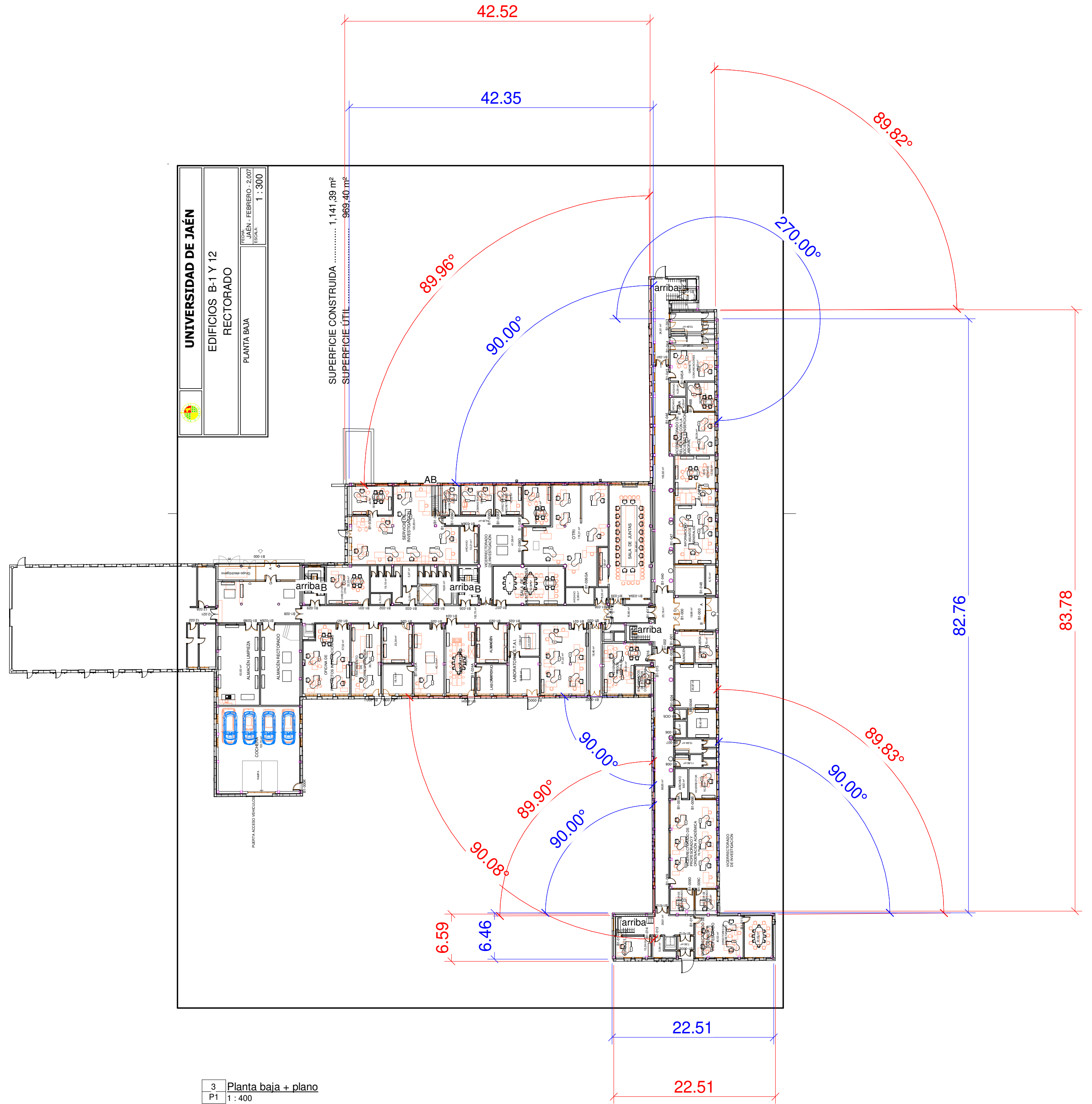
FECHA : 04/08/2019



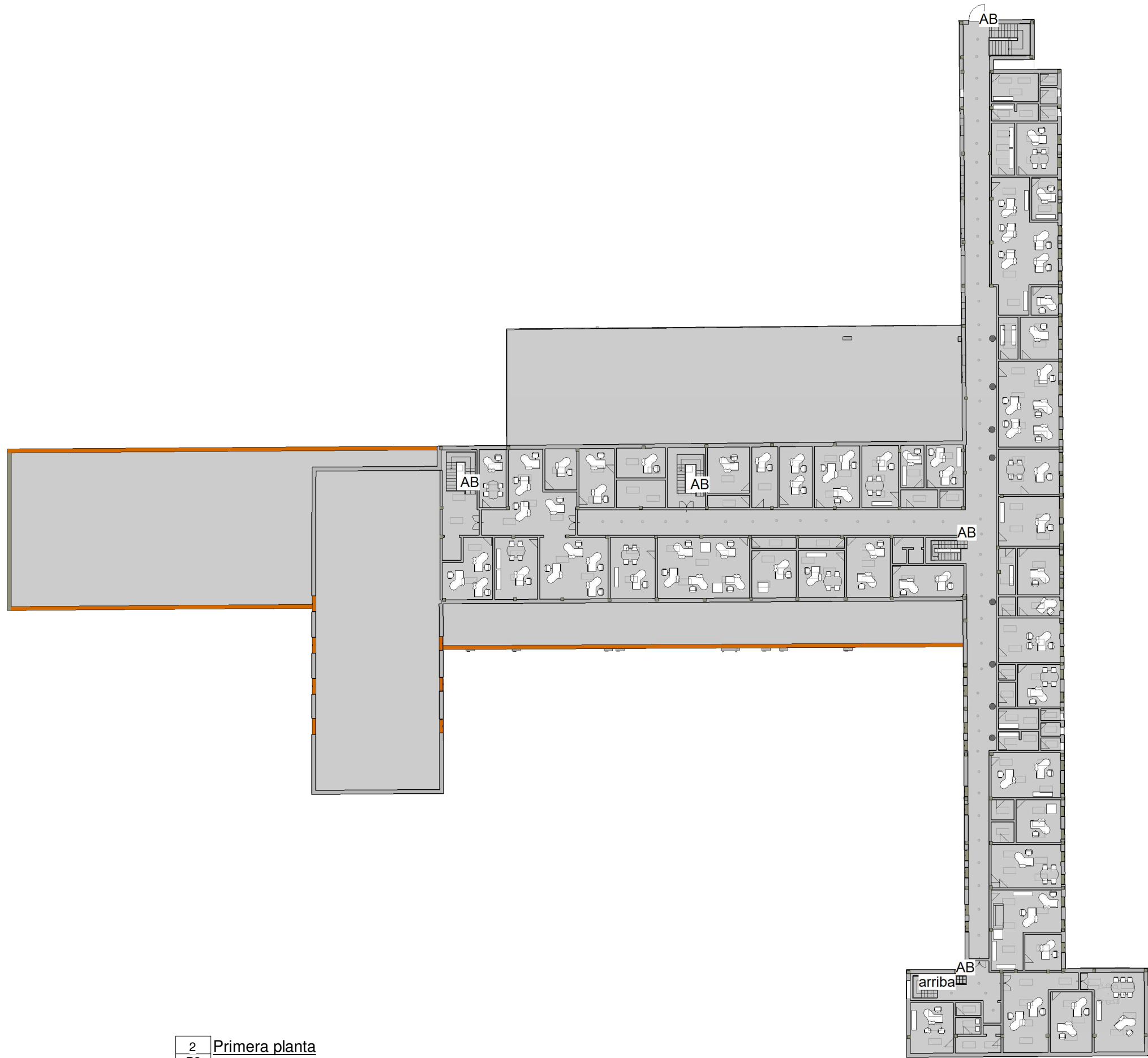
1 Planta baja
P1 1 : 400



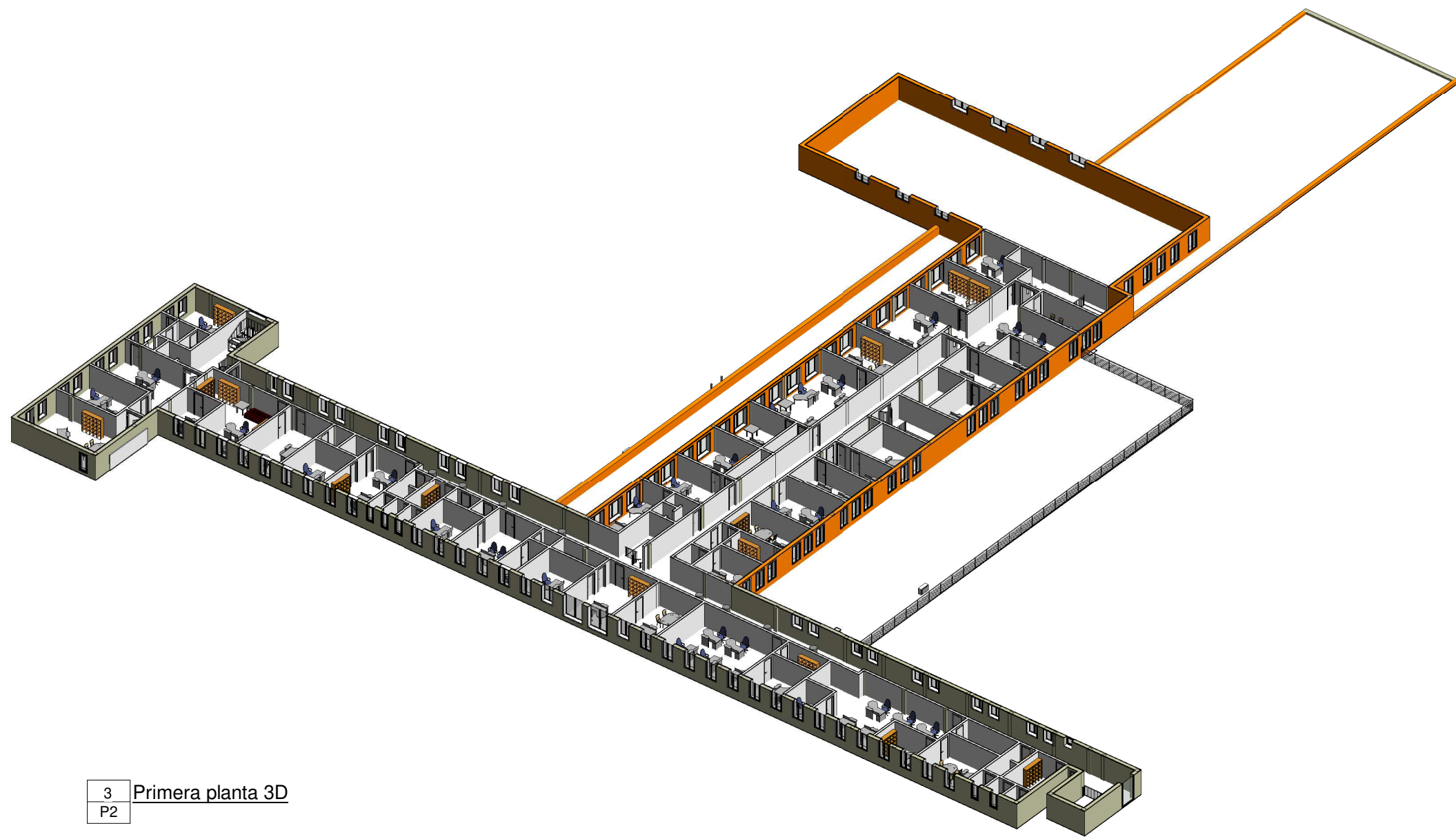
2 Planta baja 3D
P1



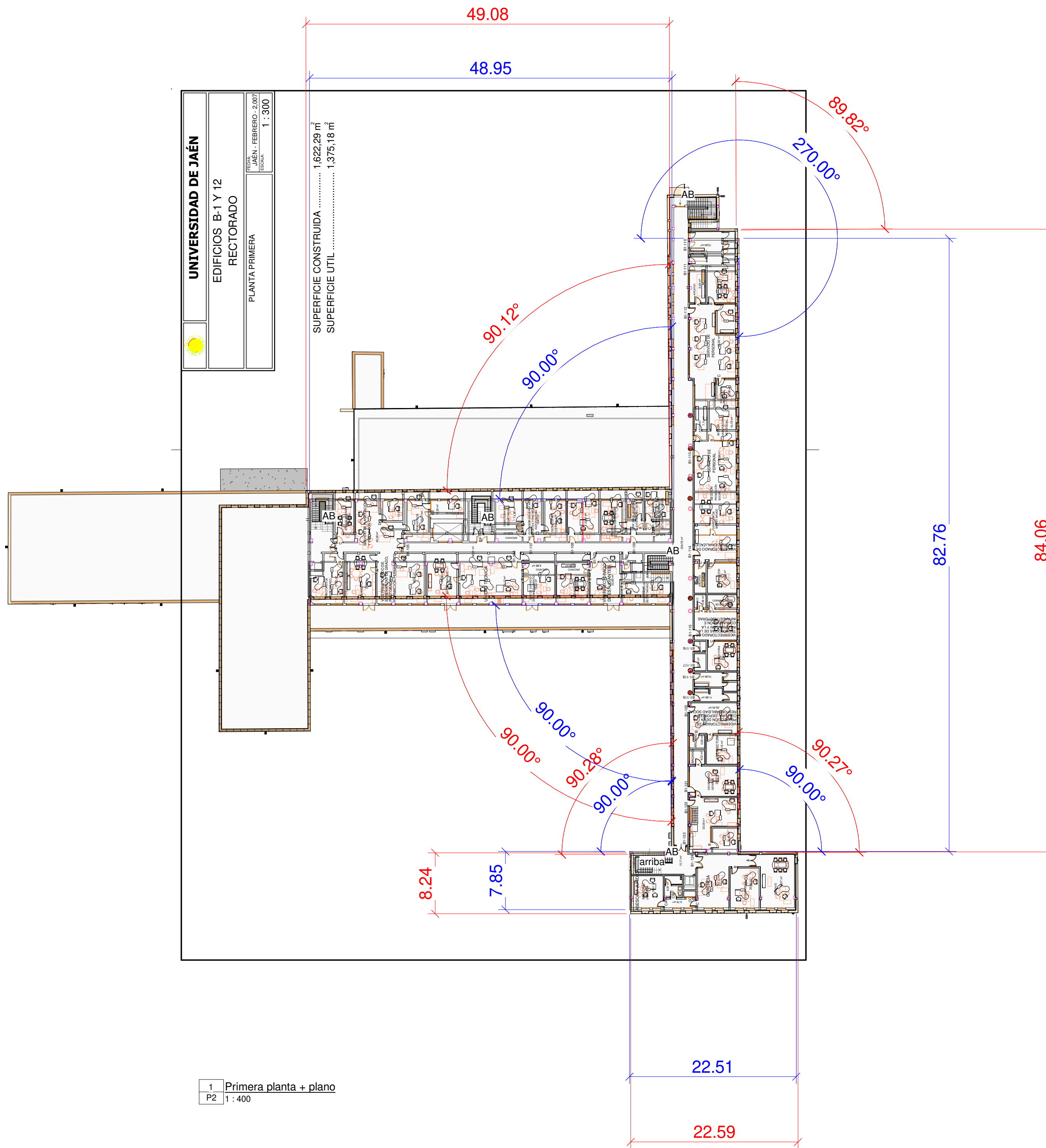
3 Planta baja + plano
P1 1 : 400



2 Primera planta
P2 1:400



3 Primera planta 3D
P2



1 Primera planta + plano
P2 1:400



Universidad de Jaén

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN

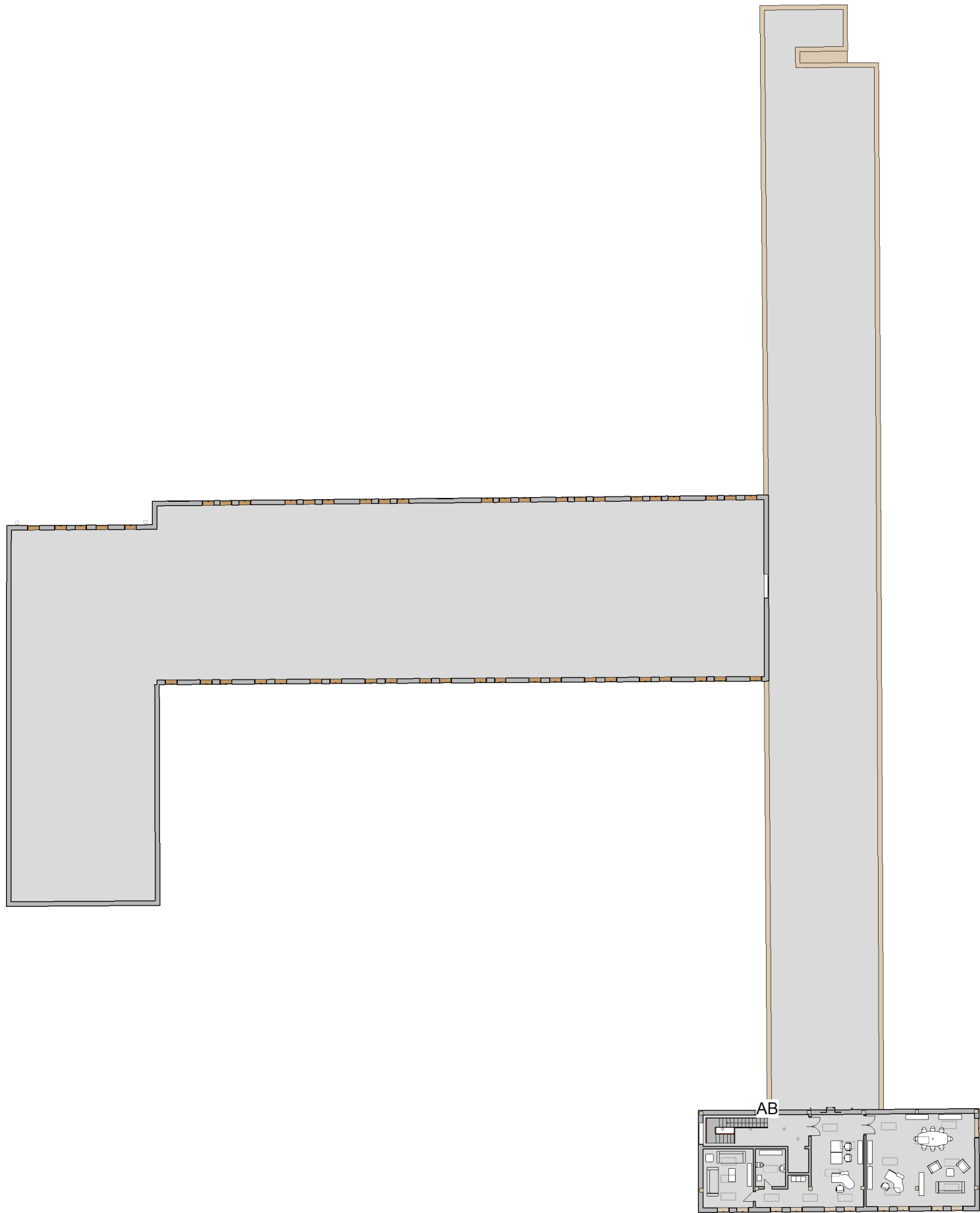
EDIFICIO B1 - RECTORADO

AUTOR: ROBERTO MORAGA GARCÍA

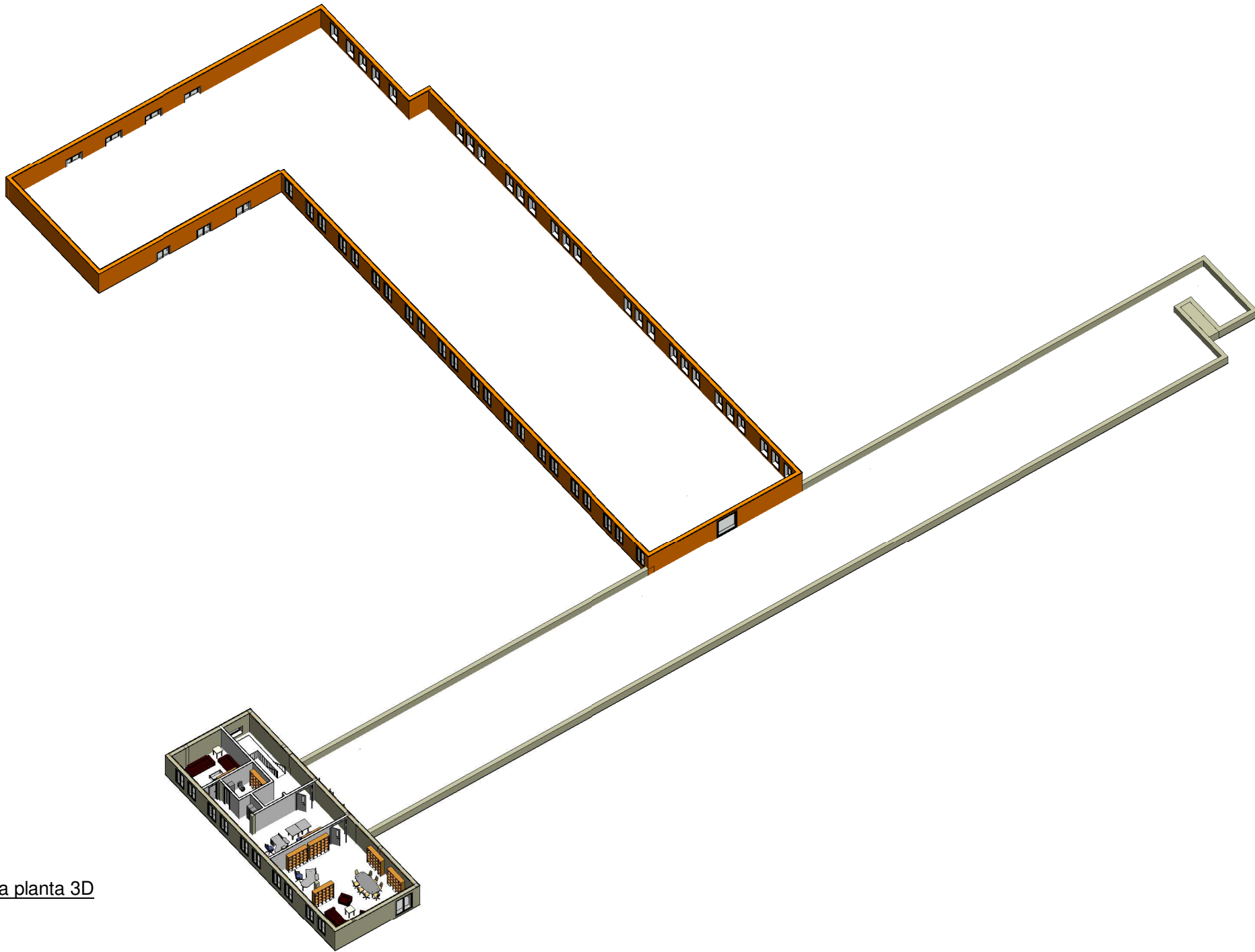
PRIMERA PLANTA

ESCALA : 1 : 400
FECHA : 04/08/2019

2 Segunda planta
P3 1 : 400

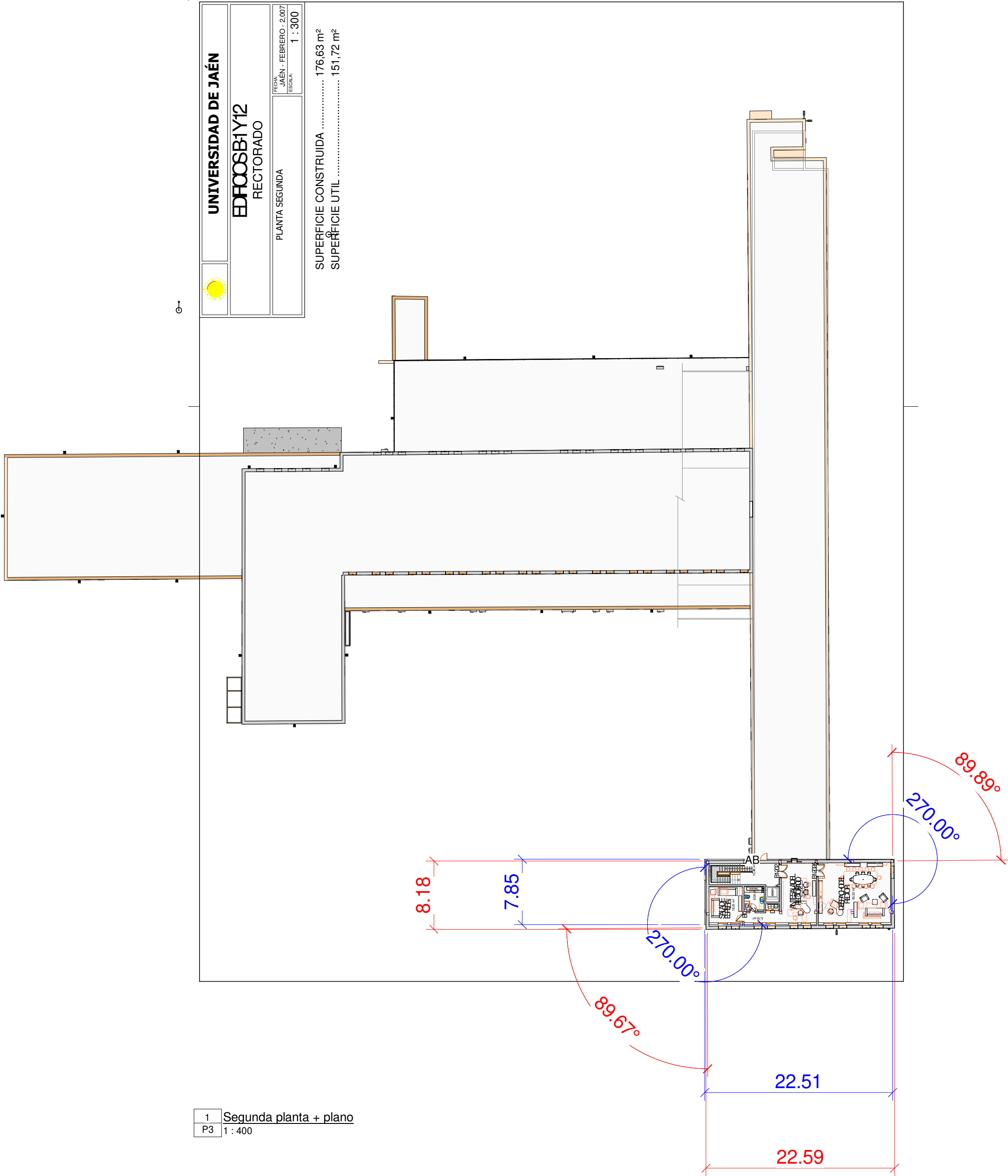


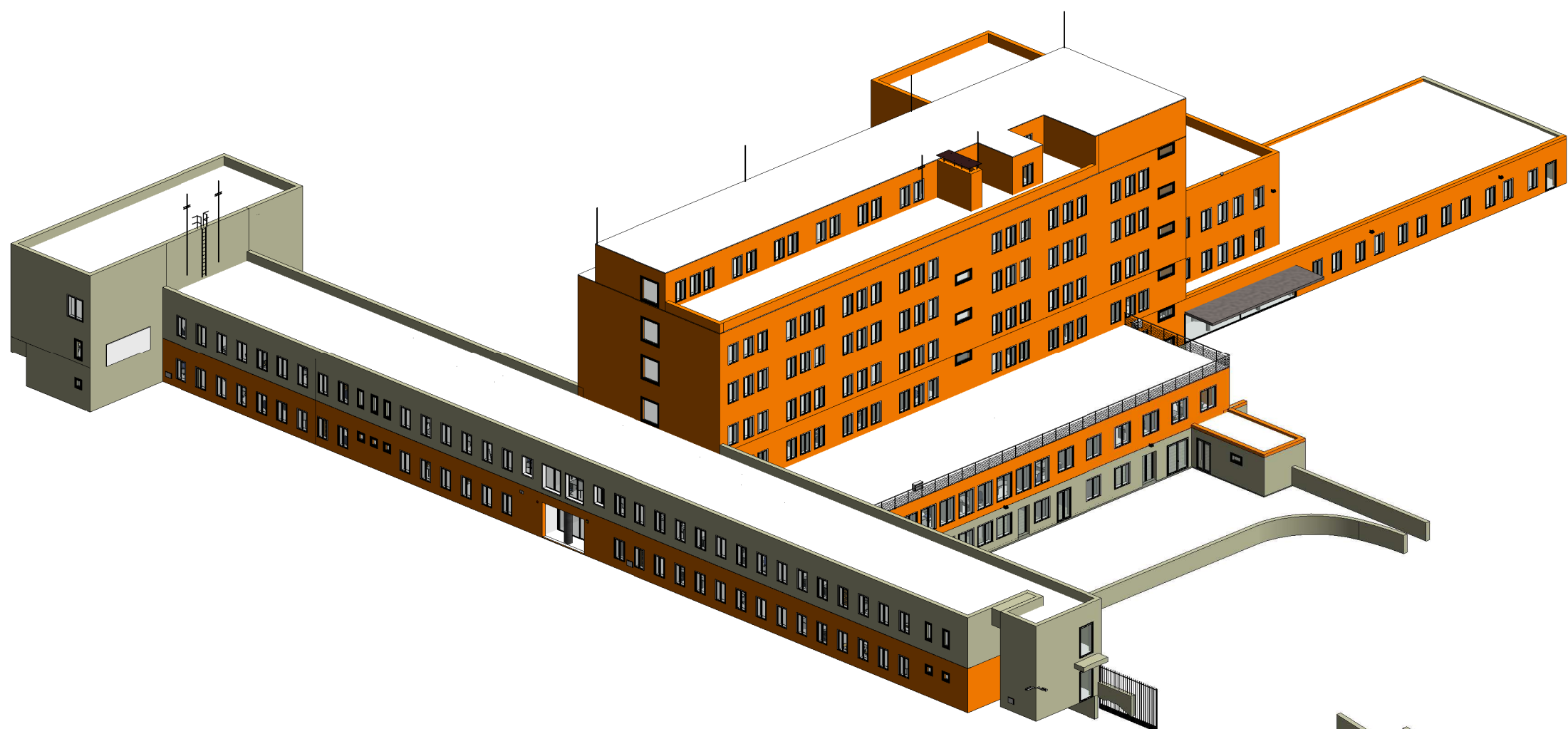
3 Segunda planta 3D
P3



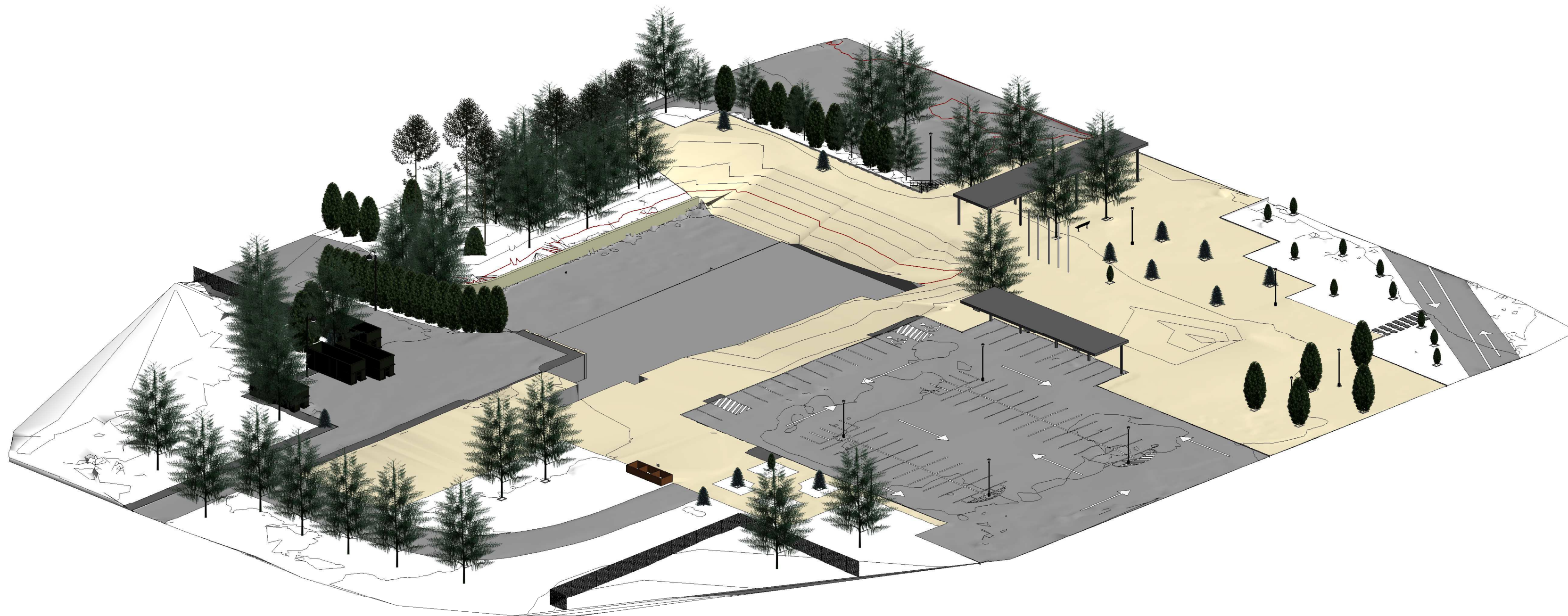
UNIVERSIDAD DE JAÉN	
EDIFICIO B1	RECTORADO
PLANTA SEGUNDA	
JAÉN - FEBRERO - 2007	ESCALA: 1 : 300
SUPERFICIE CONSTRUIDA 176,63 m²	
SUPERFICIE UTIL 151,72 m²	

1 Segunda planta + plano
P3 1 : 400



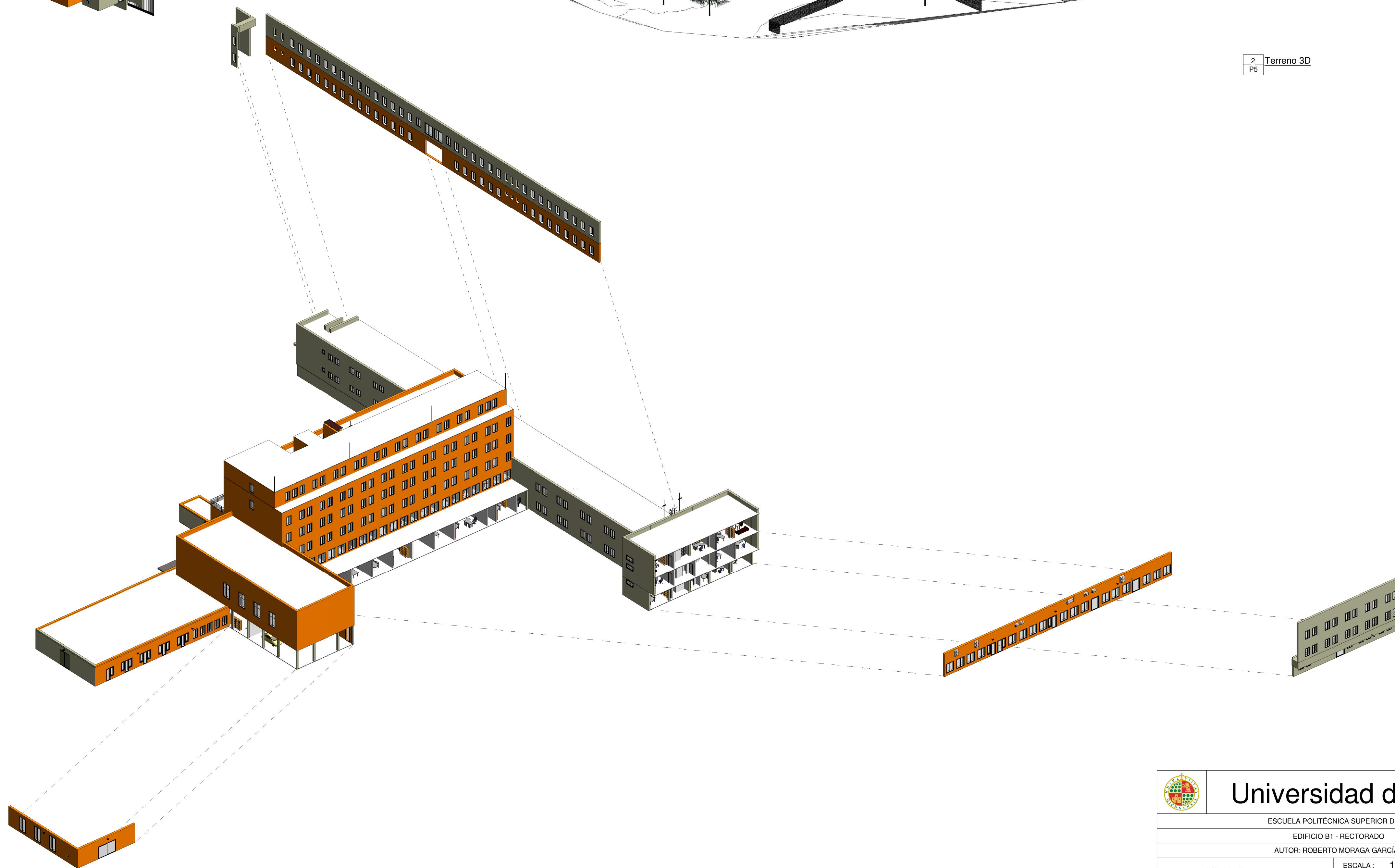


1 Edificio 3D
PS



2 Terreno 3D
PS

3 Explosiva 3D
PS



Universidad de Jaén

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN

EDIFICIO B1 - RECTORADO

AUTOR: ROBERTO MORAGA GARCÍA

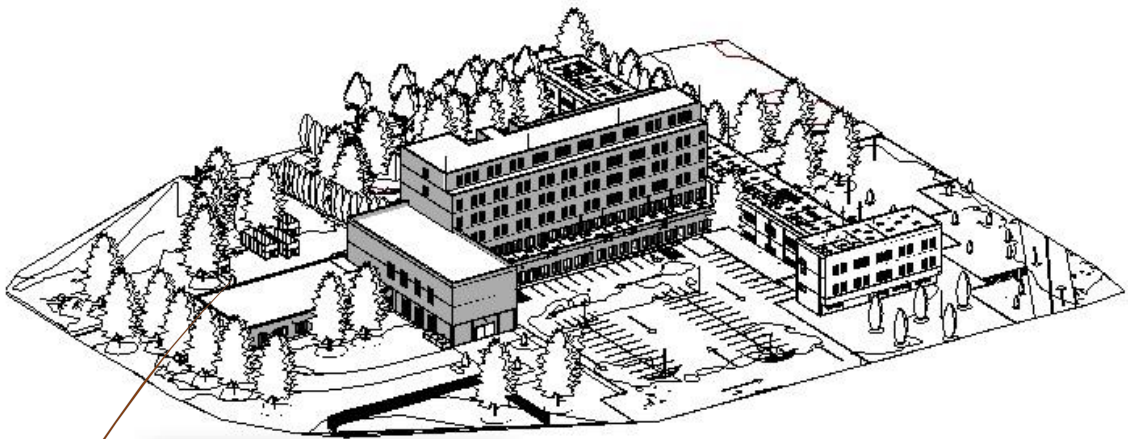
VISTAS 3D

ESCALA : 1 : 400

FECHA : 04/08/2019

ANEXO VI

GUÍA RÁPIDA DE REVIT PARA INGENIEROS



Autor: Roberto Moraga García
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN
UNIVERSIDAD DE JAÉN

ÍNDICE

1. Introducción	1
2. Interfaz de Revit	2
3. Alzados y niveles	5
4. Importar información	8
5. Muros, ventanas y componentes.	10
5.1. Adaptar muros y barandillas.	10
6. Superficie topográfica	14
6.1. Plataforma de construcción	14
6.2. Crear superficie	15
6.3. Editar superficie	16
6.4. Regiones	16
6.5. Posicionar componentes	17
7. Vistas 3D	18
7.1. Eje de rotación	18
7.2. Vista de plantas	19
7.3. Vista explosiva	19
8. Iluminación	21
9. Materiales y pinturas	23
10. Áreas y perímetros	26
11. Planos	29
11.1. Pie de plano	29
11.2. Planos	32



1. Introducción.

En contadas ocasiones de la vida del alumno, nos encontramos con situaciones en las que nuestro aprendizaje se estanca, nos enfrentamos a situaciones tanto académicas como laborales en las que nuestros conocimientos no son suficientes para afrontar el problema. Otras mientras tanto sabemos abordarlas pero no culminarlas. Y como no, siempre hay una tercera opción, informarse por otras vías. He aquí el hecho por el que se crean pequeños cursos o tutoriales en distintas ramas o ámbitos de la enseñanza a partir de terceras personas.

Habitualmente, encontramos soluciones a nuestros problemas en distintas fuentes, ya sea online, profesorado, compañeros, etc. Sin embargo, hay veces en las que la explicación no soluciona, hay veces que disponemos de una titulación o una vida académica ya muy avanzada para que nos expliquen las cosas de la forma más simple.

Como me gusta decir, por explicar muy bien, no quiere decir que se comprenda.

A lo largo de este pequeño manual o guía, abordaremos los pasos para poder enfrentarnos al entorno BIM, desde el punto de vista de la arquitectura y orientado a ingeniería civil o en materia de topografía con distintos apartados en los que poder realizar nuestro proyecto de principio a fin solventando la mayoría de las dudas que suelen surgir a priori en el entorno Revit.

De alumno a alumno, explicaremos como abordar estos casos de una forma muy sencilla y fácil de entender, con el menor de los tecnicismos posibles, pero siempre sin perder el respeto a la profesión y la educación pertinentes en cualquier aprendizaje.

Se tomará como base el proyecto elaborado por mí mismo en este curso 2018-2019 en la Escuela Politécnica Superior de Jaén (Universidad de Jaén) en el Grado de Ingeniería Geomática y Topografía. Este proyecto se utilizara para los ejemplos necesarios y como base o guía de cómo elaborar un proyecto de principio a fin, acorde con un problema real, sin entrar en detalle en conclusiones, estudios y otros ámbitos, solamente en el modelado de la nube de puntos y construcción del modelo BIM mediante la herramienta Revit.

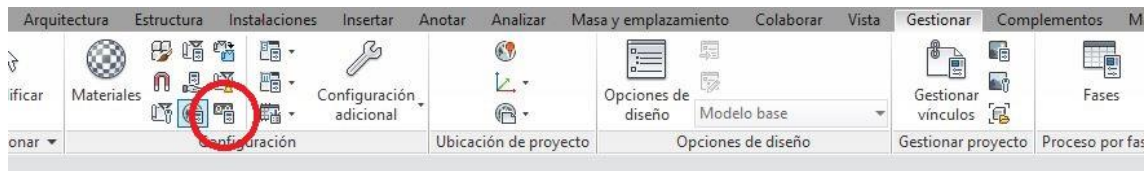
Como consejo, conviene leer detenidamente toda la guía antes de abordar el proyecto, ya que los conocimientos que se van enseñando a lo largo de la misma, refuerzan los anteriores, apartado por apartado, lo que crea que al final de la guía, se comprendan mejor los conceptos en conjunto que uno a uno por separado. Como todo en programa, se aprende equivocándose, por lo que esta guía ayudará a dar el primer paso, pero no quiere decir que con ella seamos expertos, el entorno BIM es un entorno complejo y en continuo avance.



2. Interfaz de Revit.

Hay varios aspectos importantes a la hora de familiarizarse con la interfaz de Revit al principio de un proyecto.

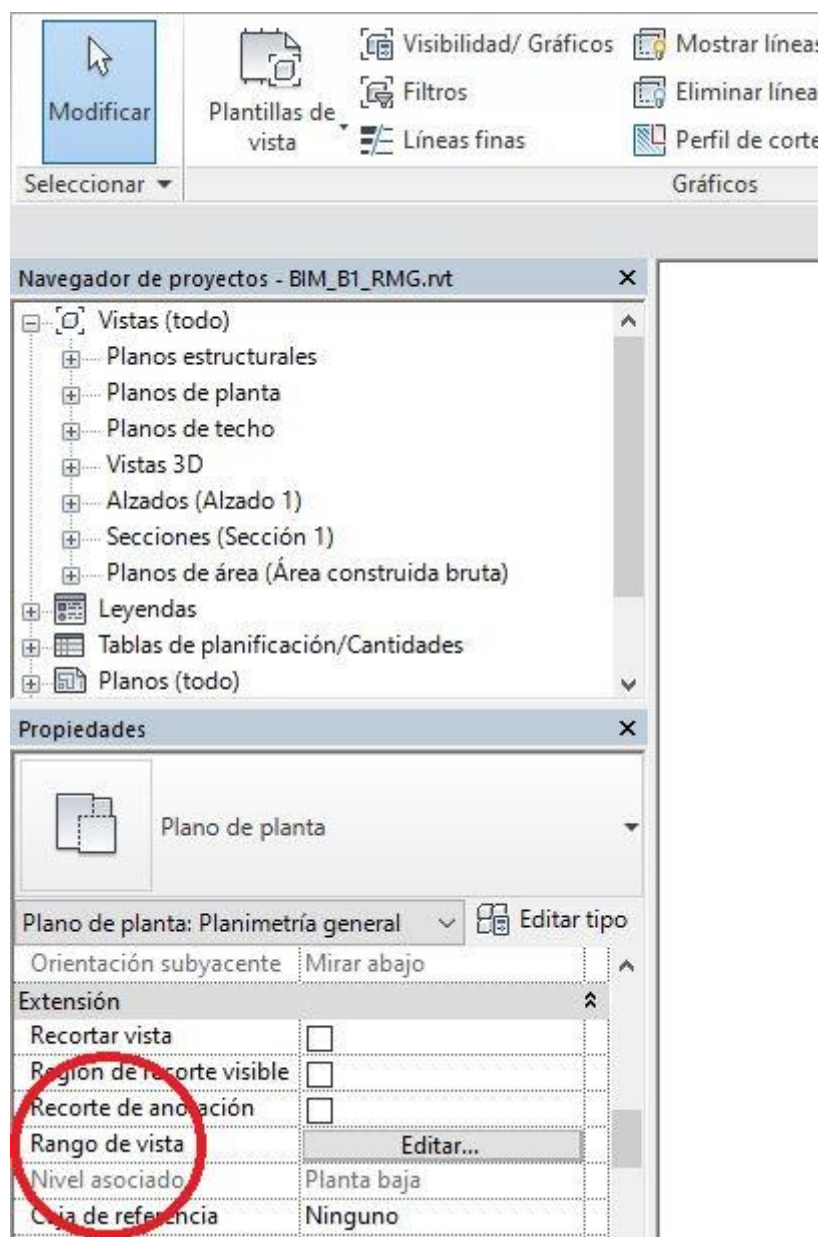
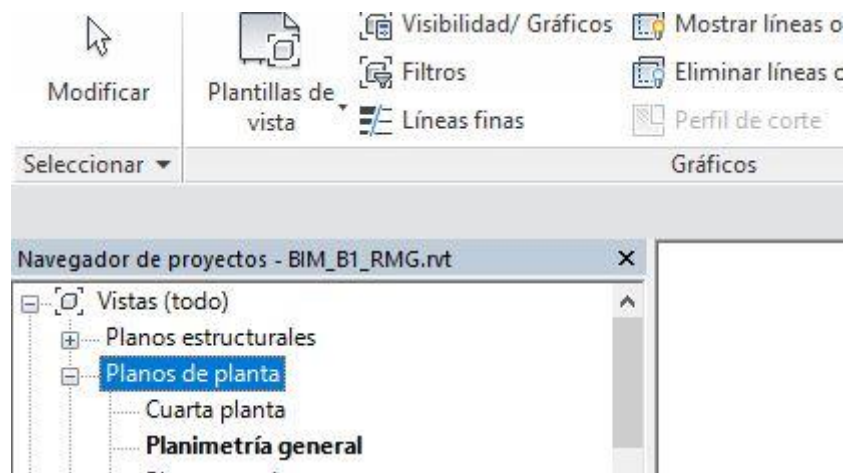
En la barra de herramientas, en Gestionar, pinchamos en las Unidades de proyecto (UN) y establecemos nuestras unidades antes de comenzar a trabajar. En mi caso, me gusta trabajar en metros y grados decimales.



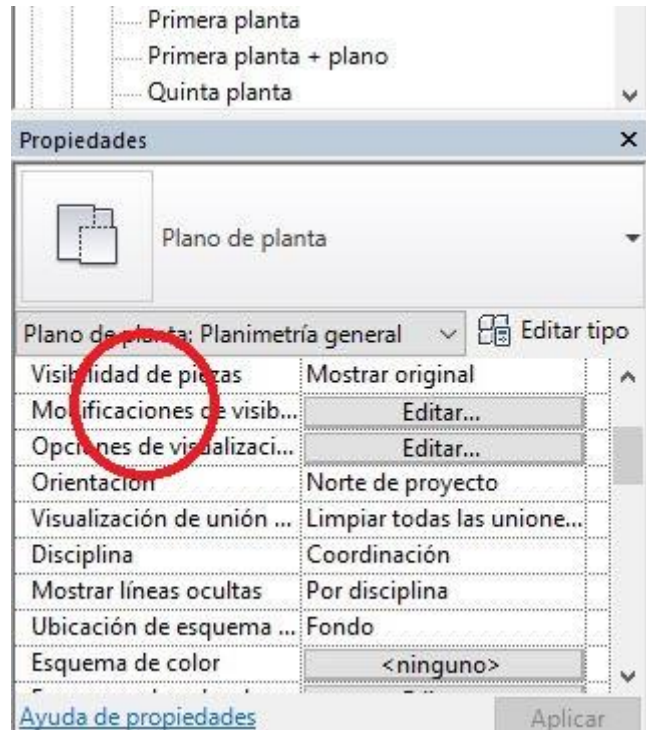
En el navegador de proyectos de nuestra pantalla, que suele aparecer por defecto a la izquierda, tenemos distintos desplegables de los cuales es bueno conocer:

- **Planos estructurales.** Planos de planta con un rango de vista limitado para observar nuestro proyecto desde un punto de vista estructural, como bien dice su nombre.
- **Planos de planta.** Planos de planta de cada uno de los niveles en los que se trabajará habitualmente en la mayoría del proyecto. Por cada nivel creado aparecerá un plano asociado (a su vez en todos los desplegables) y en los que cada cambio se realizará automáticamente en los demás niveles. Esta función reduce en gran cantidad el tiempo de trabajo.
Dentro de los planos de planta tenemos el de Planimetría general, que viene configurado con un rango de vista muy elevado para ver todo el proyecto en conjunto superpuesto en una vista de planta completa. Así mismo, cada plano de nivel independiente tendrá unos rangos de vista acordes al nivel asociado creado por nosotros, el cual podemos modificar en la tabla de propiedades.
- **Planos de techo.** Permite trabajar sobre el techo de cada nivel, siendo el plano de planta el suelo (por decirlo de una forma coloquial) y este plano el del techo.
- **Vistas 3D.** Representa nuestro proyecto en 3D.
- **Alzados.** Contiene los alzados Norte, Sur, Este y Oeste.
- **Secciones.** Contiene la vista de sección, la cual se crea en Planimetría general, pinchando en Vista y en Sección. Es muy útil para trabajar con zonas específicas de nuestro proyecto. Presenta una vista de alzado concreta de nuestra zona escogida.

En cualquiera de estas vistas que contienen estos desplegables podemos pinchar con el botón derecho y duplicarlas. Esto es muy útil para crear planos, ya que para cada plano tienes tu vista editada y no tienes que modificar una vista continuamente.

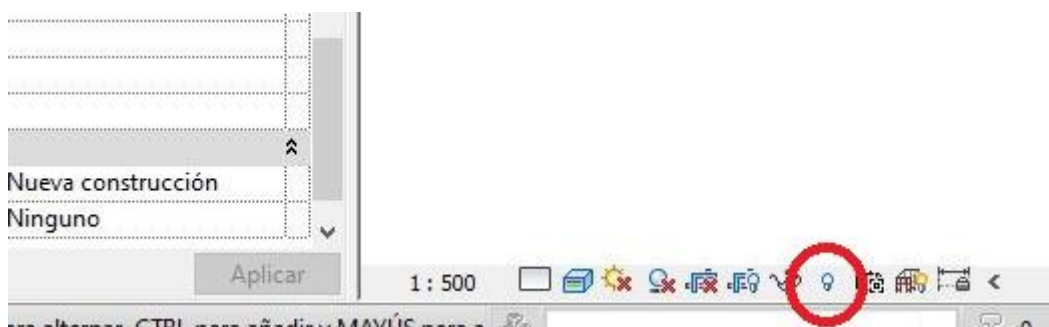


Un aspecto importante de la tabla de propiedades es la pestaña de Modificaciones de visibilidad, que nos permite elegir qué ver y qué no en nuestro proyecto, sin que esto repercuta a que los elementos se eliminen.



No obstante, una herramienta muy útil es la de ocultar elementos en pantalla. Esto se hace simplemente con pinchar el elemento con el botón derecho / ocultar en vista / elementos.

Para volver a mostrar pinchamos en la pestaña Mostrar elementos ocultos / botón derecho / mostrar en vista / elementos.



El ocultar o mostrar elementos solo afecta a la vista actual, no modifica las demás. Eso sí, cualquier elemento que desplacemos o modifiquemos, afecta a las demás vistas como ya hemos comentado.



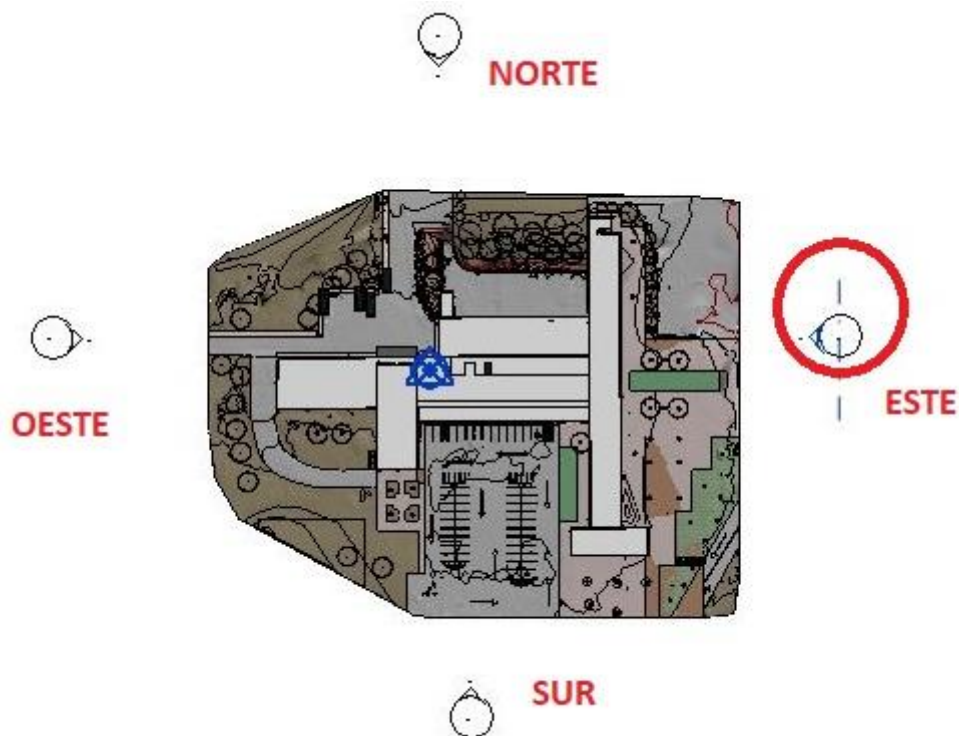
En esta misma barra de herramientas podemos configurar el estilo visual, para ver nuestro modelo desde estilos diferentes. En mi caso, me gusta utilizar el estilo realista, salvo cuando tengo que hacer anotaciones (cotas) o superponer el modelo con planos, en los que suelo utilizar el estilo de colores coherentes. Podemos además configurar la escala de nuestro proyecto en dicha vista, algo muy versátil y útil para la edición de planos.



Es importante saber moverse por pantalla. Pulsando la rueda del ratón podemos desplazarnos por la pantalla sin necesidad de utilizar la barra lateral e inferior.

3. Alzados y niveles.

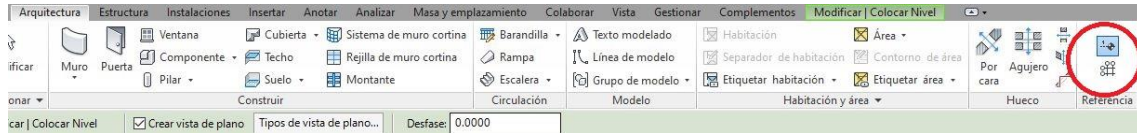
Si entramos en el desplegable de los alzados podemos ver que tenemos distintas vistas (Norte, Sur, Este y Oeste) que se configuran en primer lugar en la vista de alzado de Planimetría general. Aquí podemos establecer el rango de vista que abarca nuestro alzado, es conveniente ajustarlo al principio para que abarque en su interior nuestro modelo y una vez entremos en el alzado correspondiente lo veamos al completo desde esa dirección.



Si pinchamos en una de las “flechas” podemos configurar la dirección de la vista y otros aspectos.



Cuando ya tenemos configurados los rangos de vista de nuestros alzados es momento de crear los niveles. Entramos en algún alzado, ya que una vez creas algo se crea automáticamente en los demás, y pinchamos en Arquitectura / Nivel (LL).

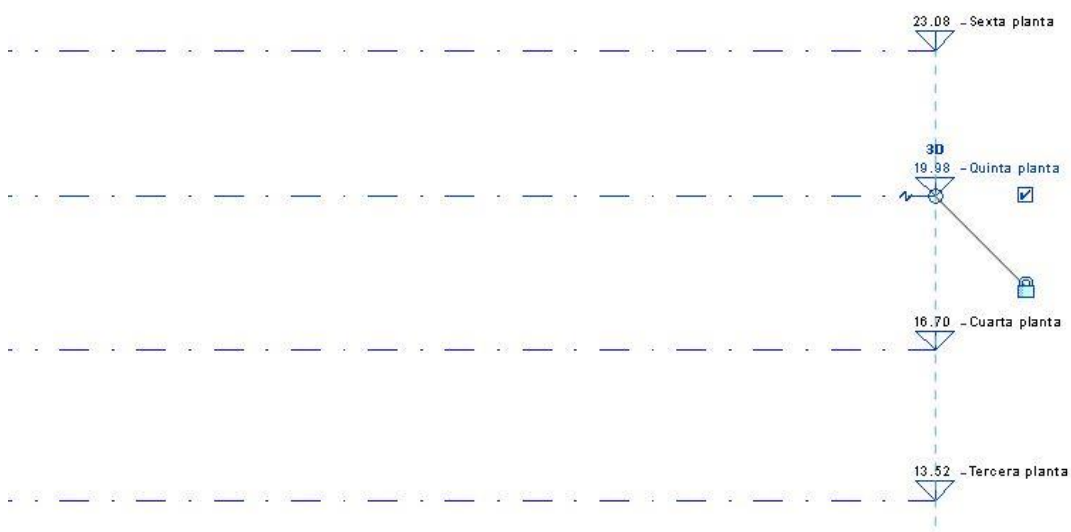


Al crear cualquier elemento en 2D, ya sea segmento simple o polilíneas, aparece una herramienta con distintas propiedades de edición en la pestaña de Modificar (aparece también al seleccionar las ya creadas) donde es importante conocer dos elementos:

- **Seleccionar líneas.** Nos permite crear líneas paralelas a otras ya creadas con un desfase que introducimos nosotros mismos.
- **Recortar / extender esquinas.** Agiliza mucho el proceso porque permite recortar esquinas cuando tenemos líneas secantes.

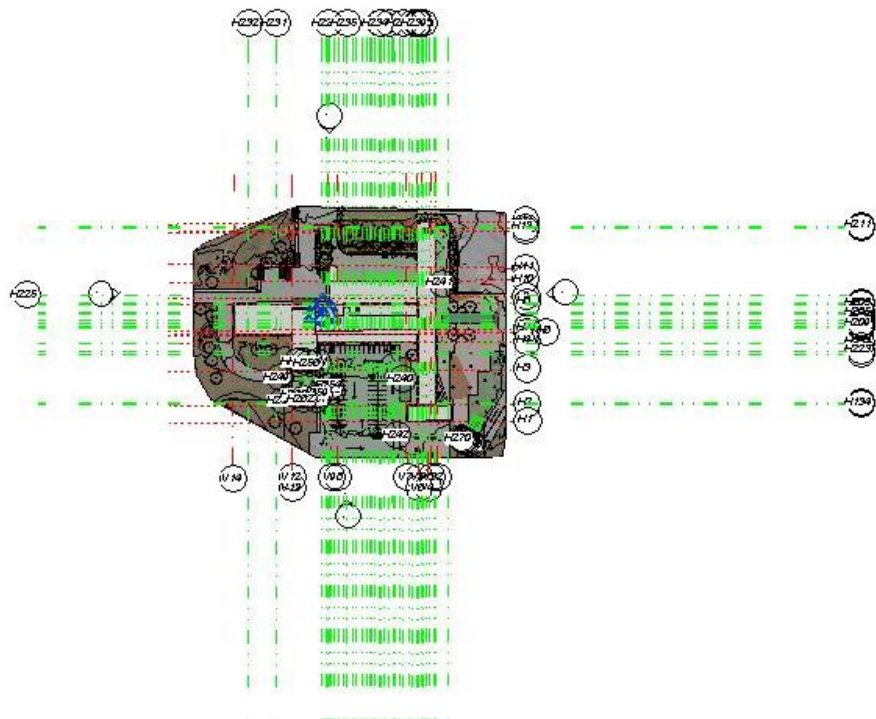
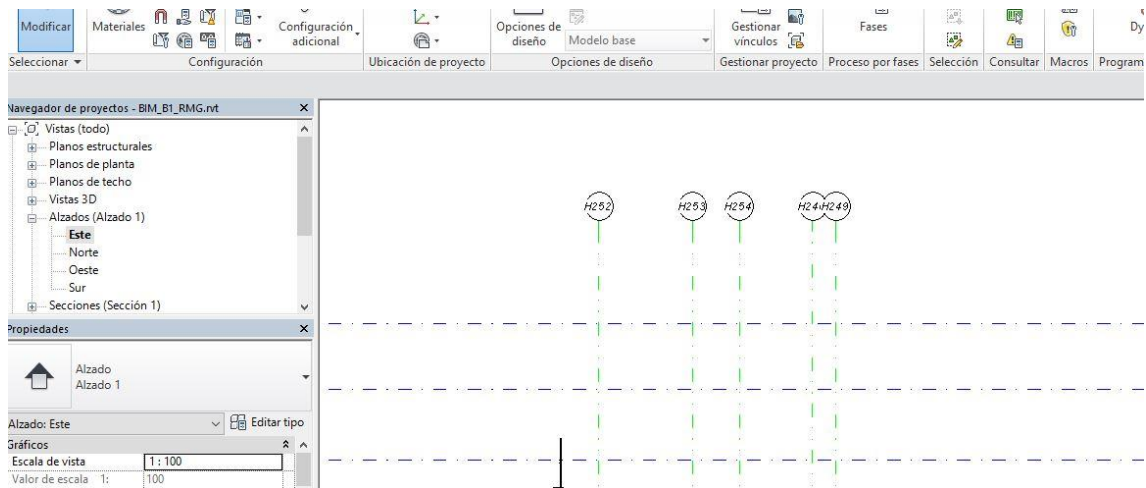


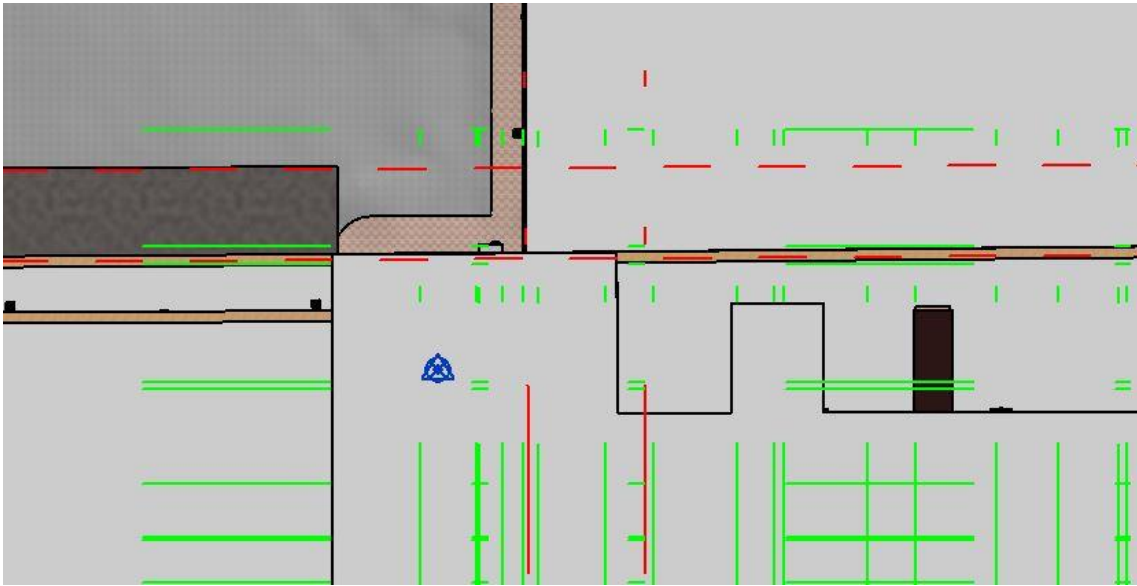
Los niveles creados conllevan la creación automática de planos asociados en el desplegable de planos de planta. Una vez creados podemos pinchar al inicio o final de ellos y editar la visualización de información. Si mantenemos el candado cerrado, al cambiar la extensión del nivel se cambian todos a la vez.



Al modificar la escala de vista, la información de los niveles se verá más grande o más pequeña. Si editamos el nombre del nivel, este se cambia automáticamente en los planos de vista de planta asociados.

Justo debajo de la pestaña de nivel nos aparece otra que se llama Rejilla (GR). Estas rejillas nos sirven de anotación para poder elaborar nuestro proyecto. Si las utilizamos desde los alzados aparecerán en vertical y si los utilizamos desde las vista de planta aparecerán en horizontal y vertical. Estas rejillas solamente serán visibles en la vista que se crean.

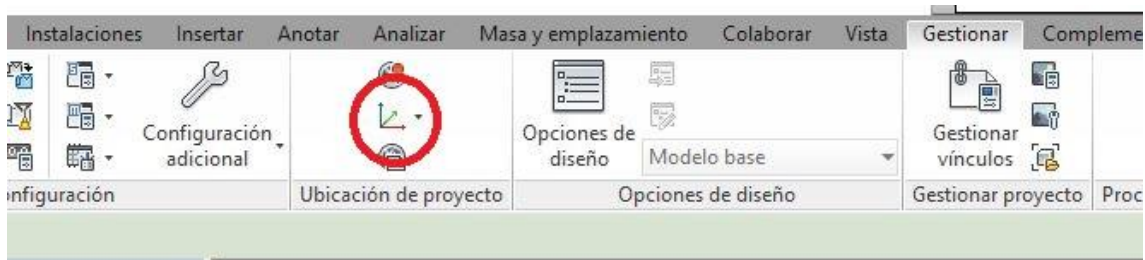




Todos los elementos pueden modificarse en color y tamaño pinchándolos y yéndonos a la tabla de propiedades que nos aparece en la interfaz de Revit a la izquierda (por defecto).

Para establecer el nivel de cota cero debemos hacer lo siguiente:

- Seleccionamos el nivel que tendrá cota cero.
- Editamos el tipo en la tabla de propiedades, duplicamos el tipo y en las restricciones de cota base o altura base ponemos Punto de reconocimiento.
- Gestionar / Coordenadas / especificar coordenadas en punto / elegimos cota 0,000 y luego seleccionamos los demás niveles y los cambiamos al tipo creado en la tabla de propiedades.

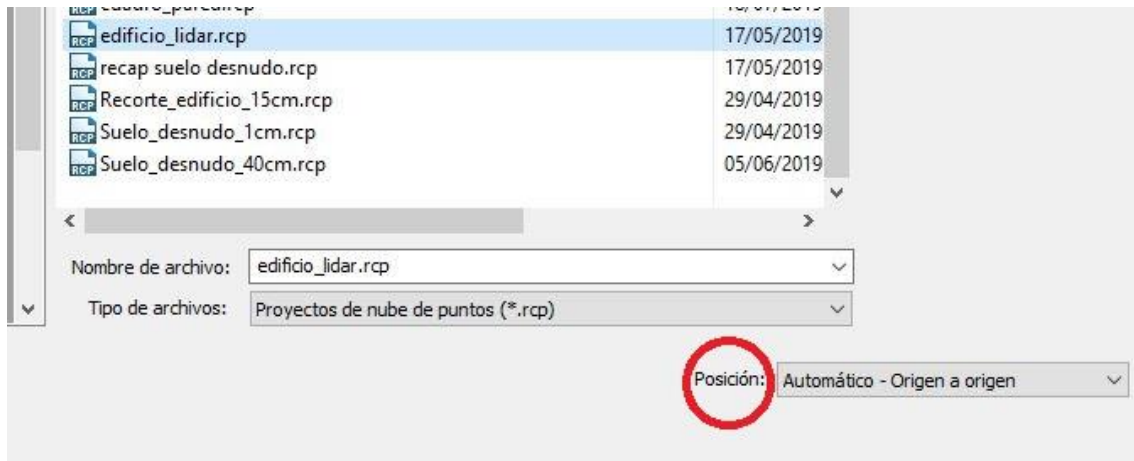


4. Importar información.

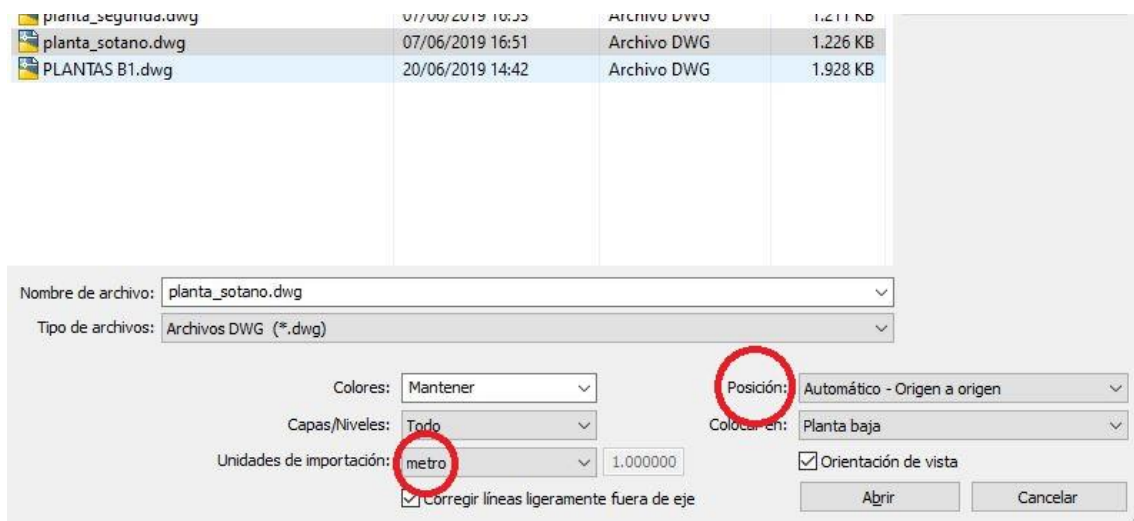
A la hora de trabajar con Revit y crear nuestro modelo BIM podemos trabajar desde cero o utilizar información externa adicional. Algunos casos de importación son los siguientes:

- Nubes de puntos. Insertar / Nube de puntos. Elegimos la opción de origen a origen, de esta forma si nuestra información tiene las mismas unidades de medida o tienen unas coordenadas concretas se colocarán directamente en el mismo sitio.





- Información CAD. Cuando queremos insertar planos o cualquier otra información CAD. Insertar / Importar CAD. Seguimos el paso anterior y seleccionamos de origen a origen, además de elegir las coordenadas correctas (esto suele crear muchas complicaciones si no se elige correctamente porque no aparece a la misma escala de tamaño).



Una vez importada la información, si queremos colocarla planimétricamente o alimétricamente es mejor utilizar la opción de Mover (MV) y Rotar (RO) que hacerlo manualmente, ya que así se controla mejor el movimiento y ahorras errores pequeños que puedes obviar y luego te pueden crear algunos mayores.

Una característica importante de Revit es la de volver al paso anterior pulsando CTRL + Z. Es muy útil a la hora de la importación y edición de elementos.

Es importante que la información tenga la extensión correcta, por lo que un preproceso adecuado evita luego pérdidas de tiempo de trabajo innecesarias. Yo suelo preparar las nubes de puntos y tenerlas en formato .rcp utilizando el programa Re-cap de Autodesk.



5. Muros, ventanas y componentes.

En la pestaña Arquitectura podemos encontrar las opciones para insertar muros, ventanas y componentes, pudiendo insertar desde estos elementos a otros como techos, pilares, vegetación, etc. Es importante tener en cuenta que seleccionando el elemento, en la pestaña de propiedades podemos editarlas como ya explicaremos más adelante en el apartado de materiales y pinturas.

Hay elementos característicos y de detalle que se pueden insertar mediante las familias de elementos de Revit, como serían farolas o luminarias por ejemplo. Para esto pinchamos en Componente / cargar familia.



Estos elementos se insertan en las vistas de planta. Para visualizarlos bien yo suelo alternar las vistas 3D con las de planta, siempre haciendo las modificaciones tanto en planimetría como altimetría (aplicando desfases y alturas a las propiedades del elemento).

Las ventanas y puertas se insertan en vistas de alzado o de sección.

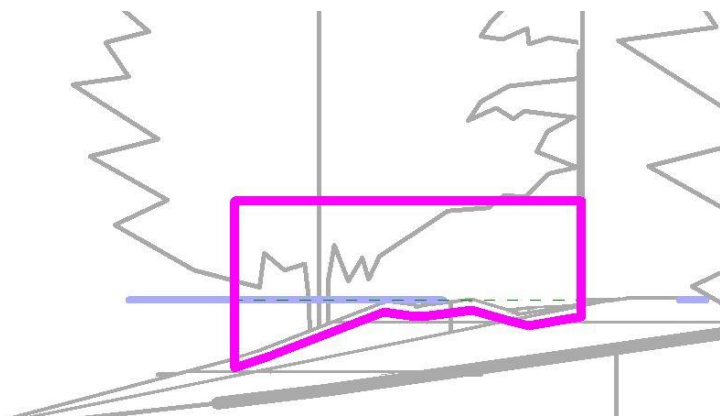
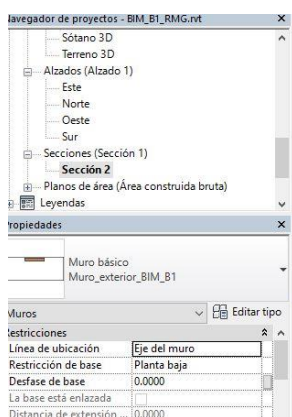


5.1. Adaptar muros y barandillas.

Un problema habitual es que una vez creados nuestros muros o barandillas no se ajustan a la topografía y siguen el nivel correspondiente en el que se crea. Para adaptar estos elementos hacemos lo siguiente (para ambos es conveniente elegir una vista de sección de la zona y así verlo todo más cerca):

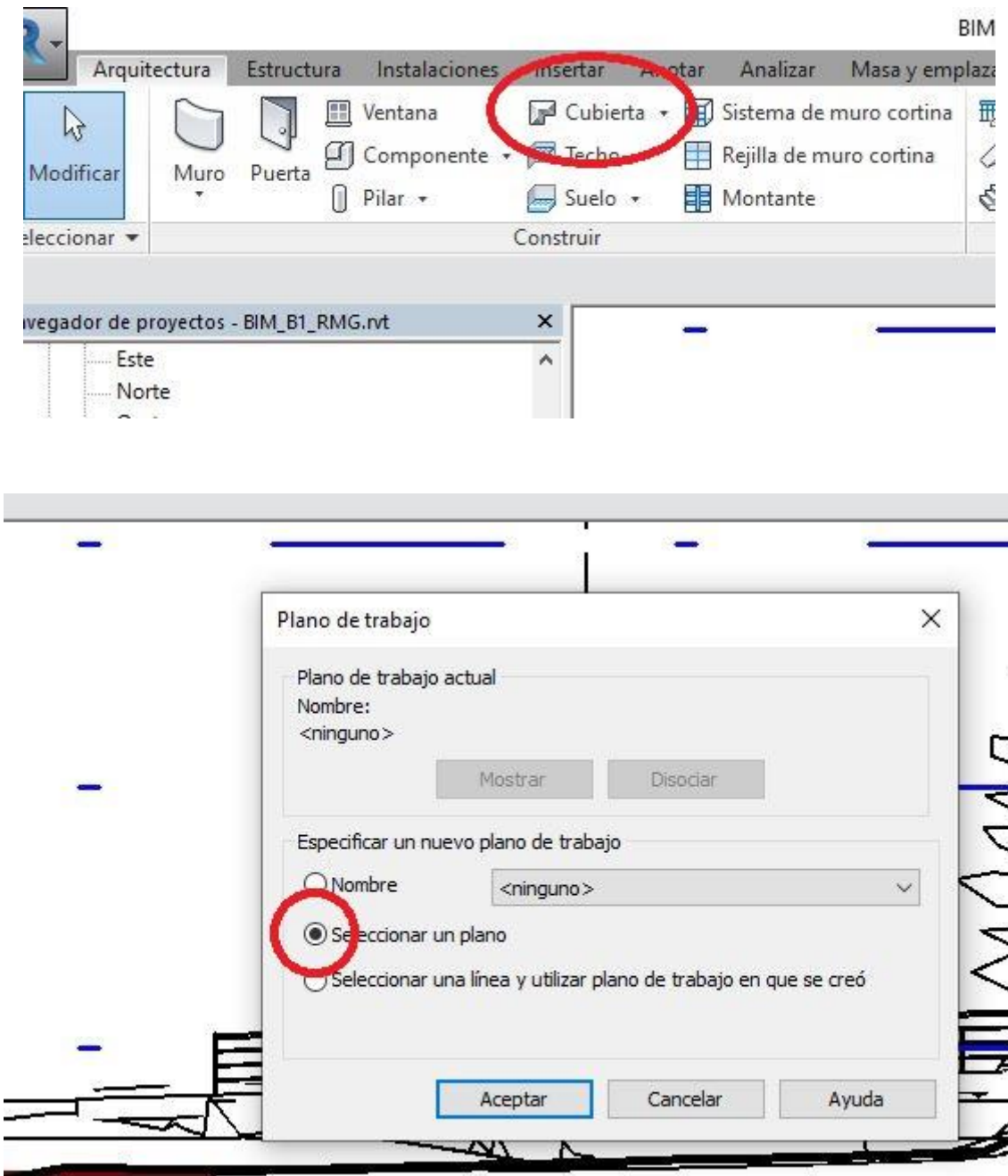


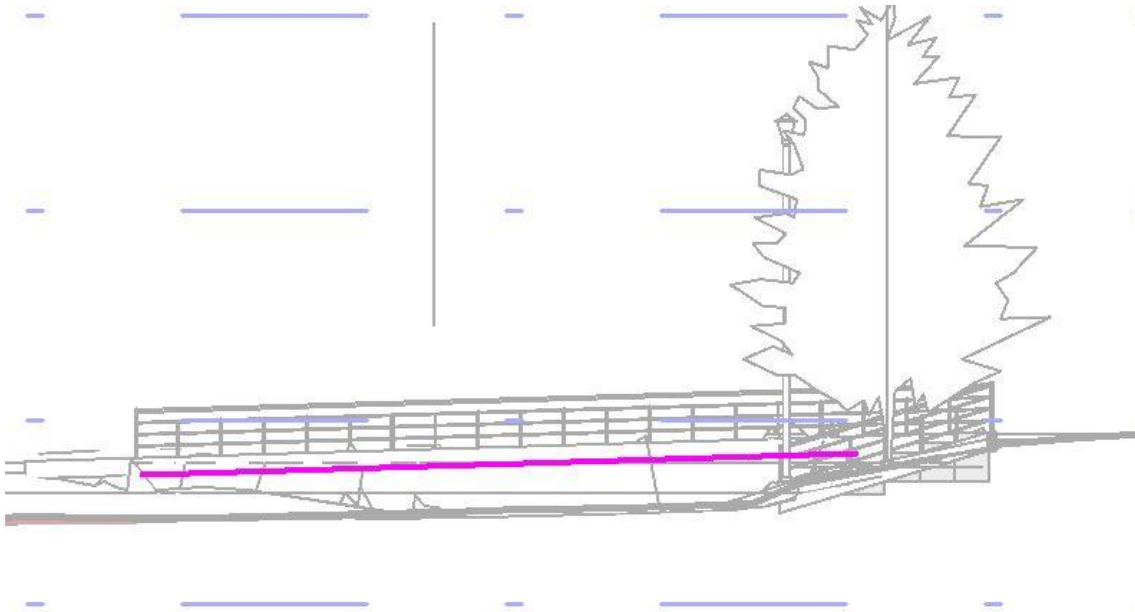
- **Muros.** Seleccionamos el muro y pinchamos en editar perfil. Yo suelo utilizar el estilo visual de línea oculta, que es cómodo para identificar el perfil del terreno y adaptar el contorno del muro.



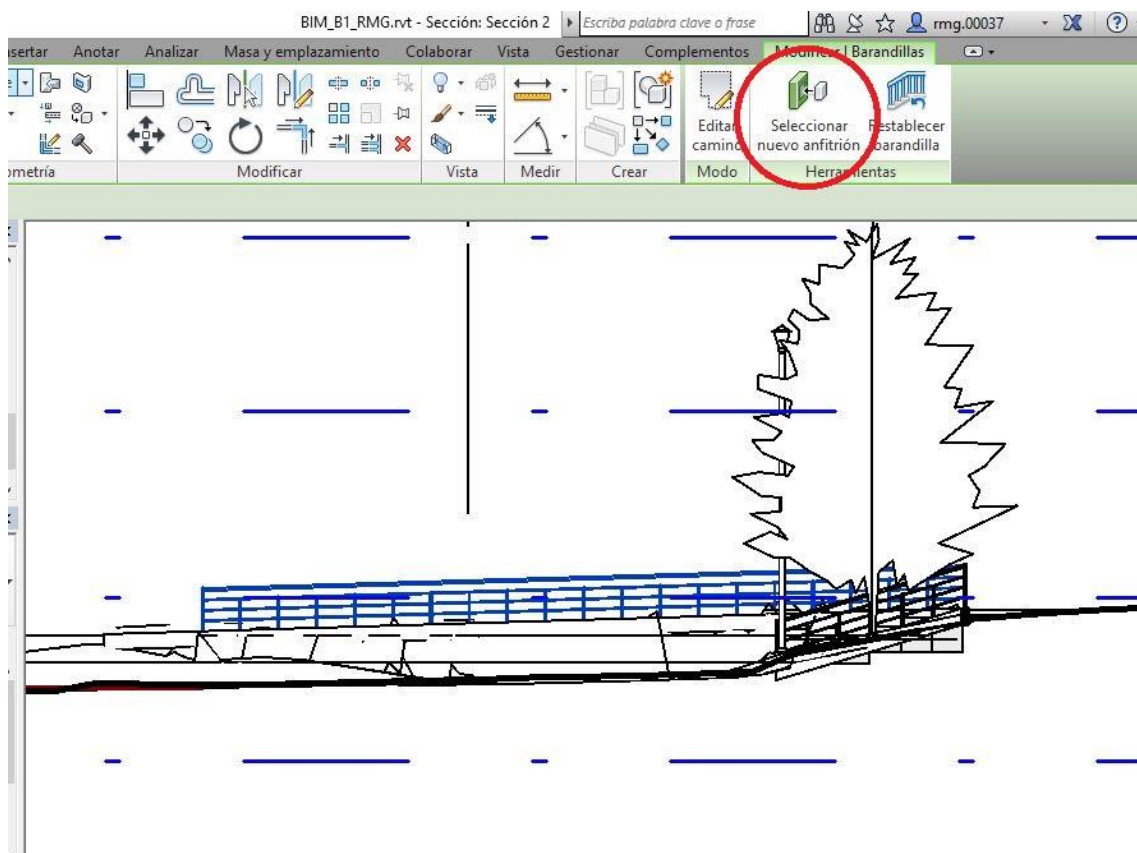
Otra opción es seleccionar el muro y con las flechas modificar la forma del mismo. Esto es útil para confeccionar los muros de cara al resultado visual, aunque ya hayamos determinado en las propiedades a qué nivel de base y de límite superior corresponde.

- **Barandillas.** Nos vamos a la vista de sección / Arquitectura / Cubierta / Por extrusión. Nos pedirá seleccionar un plano, que puede ser cualquiera (es solo una referencia) aunque la barandilla no puede tener un barandal circular para esto, aun así luego una vez adaptada al terreno la podemos modificar. Creamos la línea que debe seguir la cubierta y aceptamos.





Con la cubierta creada, seleccionamos la barandilla y luego pinchamos en Seleccionar nuevo anfitrión. Seleccionamos nuestra cubierta y luego, con la barandilla colocada, ocultamos la cubierta para que no se vea. Si eliminamos la cubierta, la barandilla vuelve a su posición.

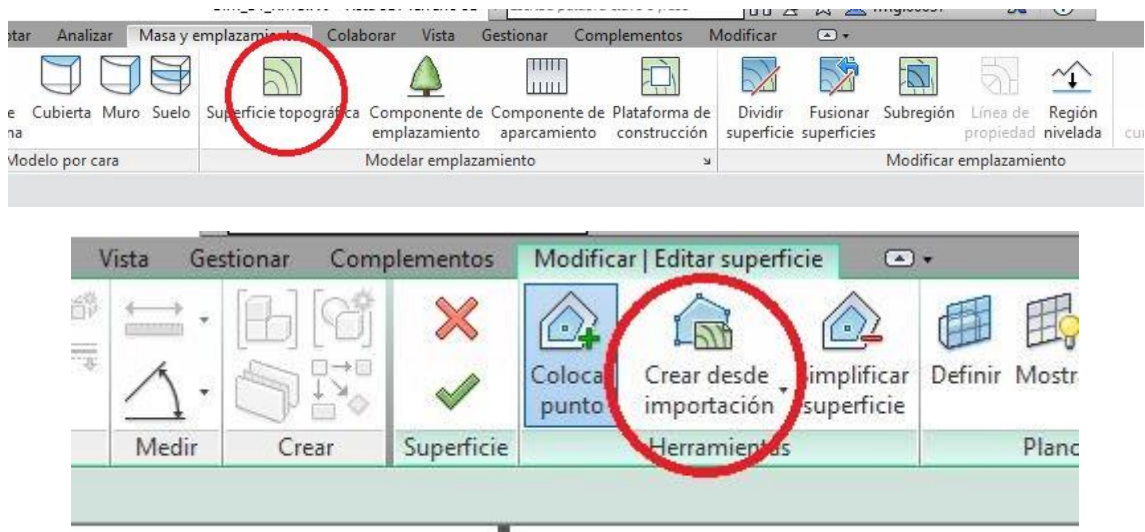


6. Superficie topográfica.

A la hora de crear una superficie del terreno hay que tener en cuenta varios aspectos que se resumirán en los siguientes apartados que componen este punto. En Revit la creación de la superficie del terreno se denomina superficie topográfica.

6.1. Crear superficie.

Masa y emplazamiento / Superficie topográfica / Crear desde importación.



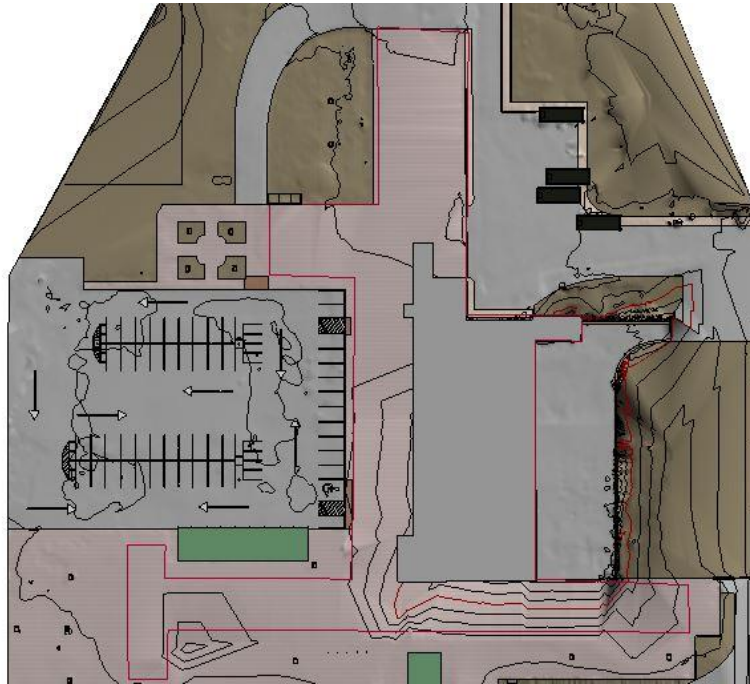
Tenemos dos opciones, crearla a partir de un archivo .txt o seleccionar un archivo de puntos ya importado. Por mi experiencia obtenemos mejores resultados con la primera. Si seleccionamos archivos de puntos importados hay veces que no los reconoce bien o la carga de trabajo hace que se ralentice o ni si quiera se cree.

Es importante tener en cuenta que cuanto mayor sea el archivo de puntos, mayor debe ser la potencia del ordenador. Importándolo mediante .txt se reduce este problema.

Si elegimos correctamente las unidades, en metros en mi caso, la superficie se creará en el mismo sitio que hayamos importado la nube de puntos.

En mi caso, al trabajar con la nube de puntos de un edificio y la nube de puntos del exterior por separado, había dificultades para alinearlos. Una solución es importar en AutoCAD la nube de puntos del exterior y dibujar una silueta de la zona del edificio. Con esto, al importarlo con las mismas unidades, se colocará en el mismo sitio y podemos usar este archivo (importado como CAD porque es una extensión .dxf) para posicionar nuestra superficie.

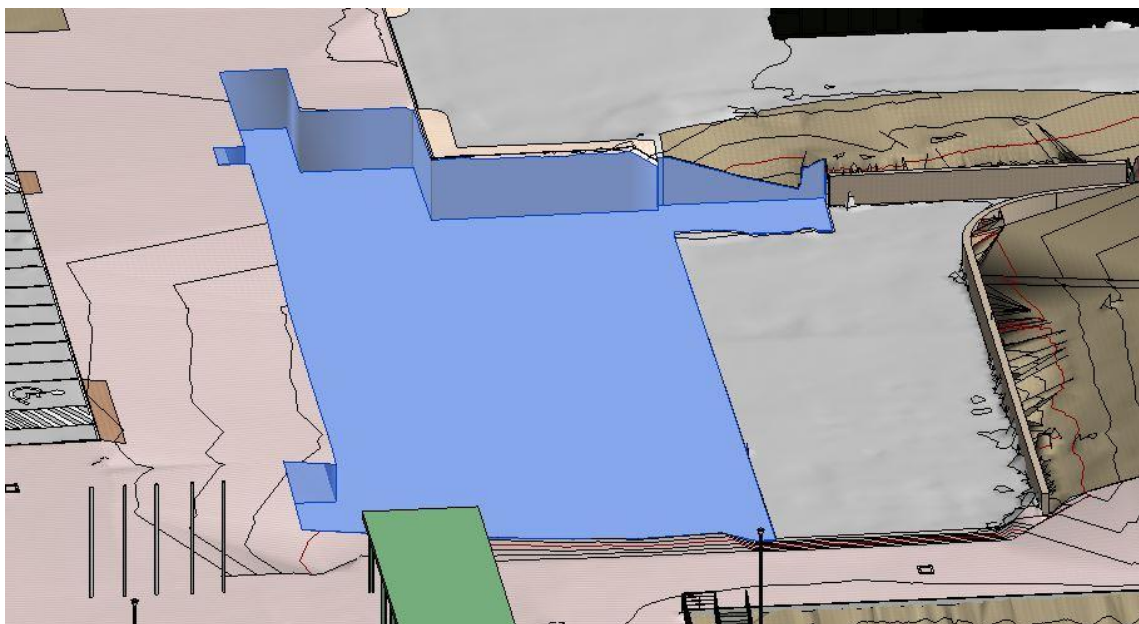




6.2. Plataforma de construcción.

A la hora de trabajar sobre la superficie para levantar nuestro edificio, es conveniente tener una plataforma o superficie nivelada para comenzar a construir. Esto se hace mediante la plataforma de construcción.

Masa y emplazamiento / plataforma de construcción.



Una vez creamos esta plataforma, si borramos la superficie se borrará con ella.

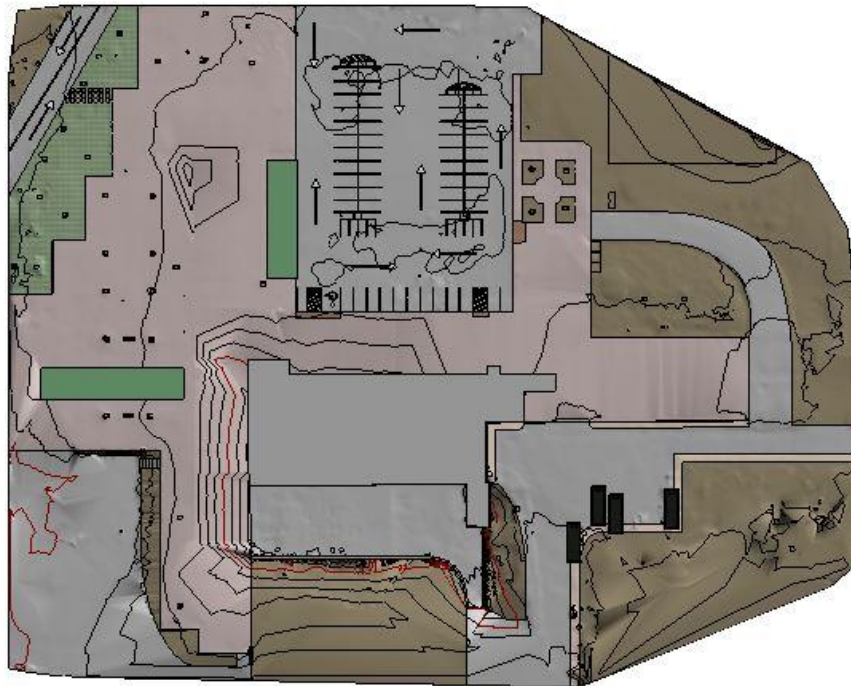
6.3. Editar superficie.

Hay veces que en el proceso nos aparecen puntos erróneos, podemos haber creado una superficie muy amplia, etc. Si seleccionamos la superficie y pinchamos en editar podemos seleccionar puntos o conjuntos de puntos enteros y borrarlos. Esto modificará la superficie pero no la borrará. También podemos añadir puntos.

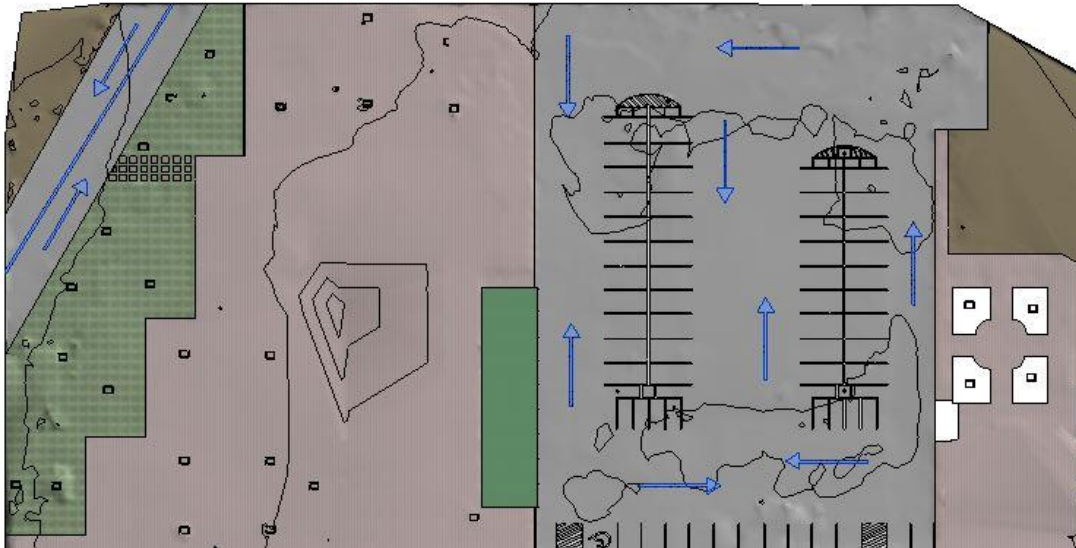
6.4. Regiones.

Una duda importante que surge al trabajar con superficies topográficas es la de aplicar materiales a distintas zonas de la misma superficie. Para esto seleccionamos la superficie y pinchamos en Dividir superficie. Con esto nos aparecerán regiones distintas de la misma superficie.

En el caso de que queramos hacer más divisiones utilizamos la pestaña Subregión.

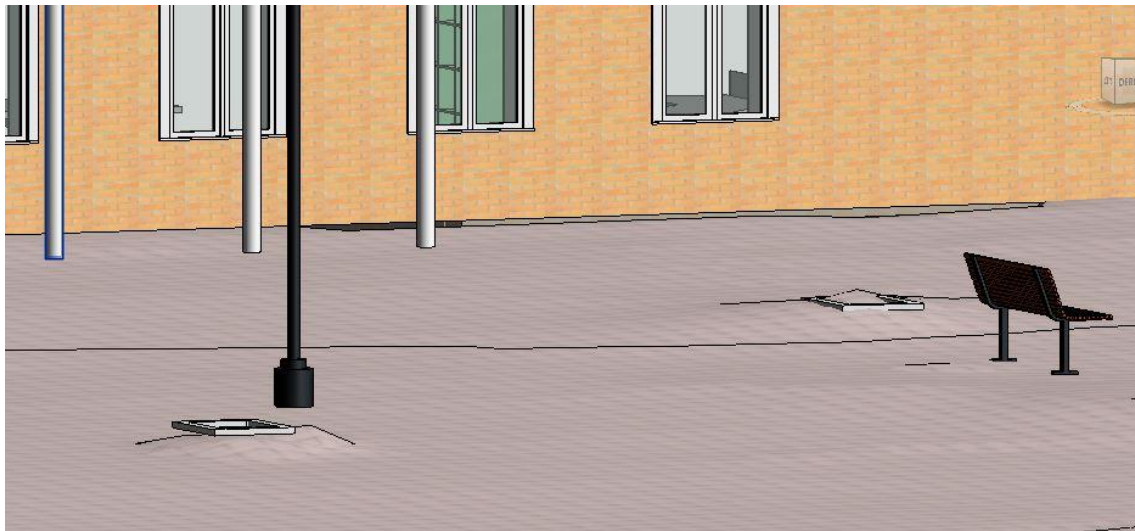


Las superficies deben tener contornos cerrados y no cortarse entre sí, pero pueden tener regiones separadas dentro de la misma superficie.



6.5. Posicionar componentes.

Si hemos insertado componentes como farolas o vegetación, nos podemos encontrar con que no se adaptan al terreno, ya que siguen la base de un nivel que se especifica al insertarlos. Para que se adapte a la superficie topográfica es tan sencillo como seleccionar el componente con el botón izquierdo y pinchar en Seleccionar nuevo anfitrión en la barra de herramientas, al igual que hacemos con las barandillas pero seleccionando como anfitrión a la superficie topográfica.



Hay veces que en la vegetación no se consigue un efecto deseado y queda como en el aire. En estos casos simplemente con aplicar un pequeño desfase negativo en la base donde se posiciona el elemento se soluciona.

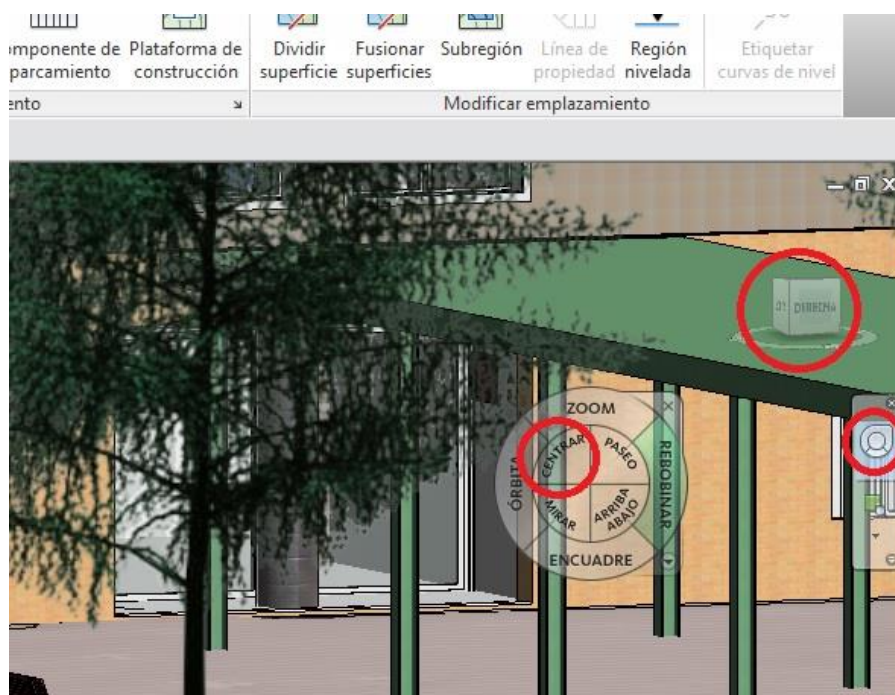


7. Vistas 3D.

Las vistas 3D son muy útiles para visualizar el resultado de nuestro modelo paso por paso, pero suele presentar algunas dudas como las siguientes.

7.1. Eje de rotación.

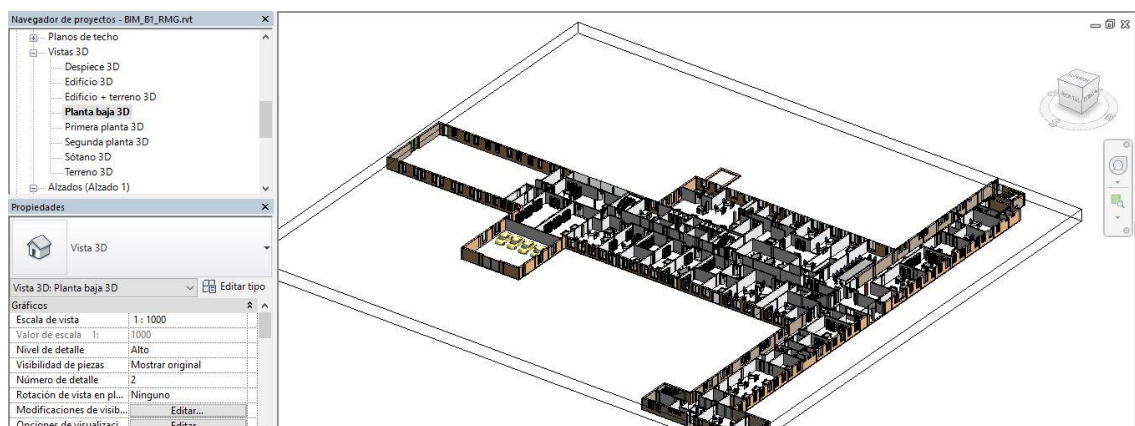
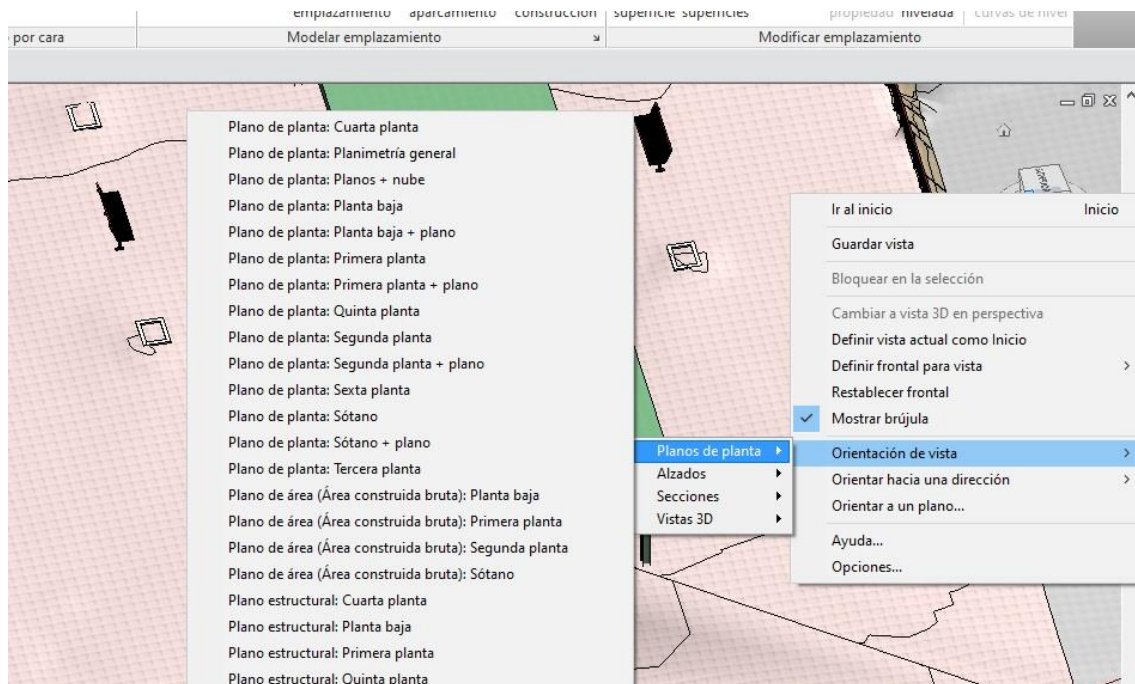
Además, de utilizar la rueda del ratón (pulsándola) para desplazarnos por la pantalla, en la vista 3D nos aparece un botón para poder girar la vista en distintas direcciones. Si queremos poder centrar el punto de giro y controlar más los movimientos podemos pulsar el botón con el botón izquierdo del ratón y pinchar en el primer icono que nos aparece para desplegar la rueda de navegación.



En la rueda de navegación podemos insertar el pivote de giro con la pestaña Centrar.

7.2. Vista de plantas.

En el mismo botón que en el apartado anterior, pinchamos esta vez con el botón derecho y seleccionamos Orientación de vista / planos de planta. Con esta opción podemos crear una vista 3D de cualquiera de los planos de planta que tenemos asociados a los niveles.

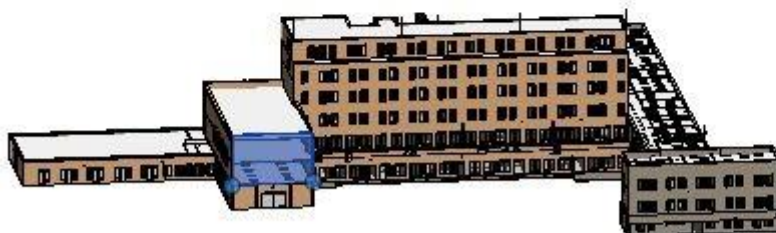


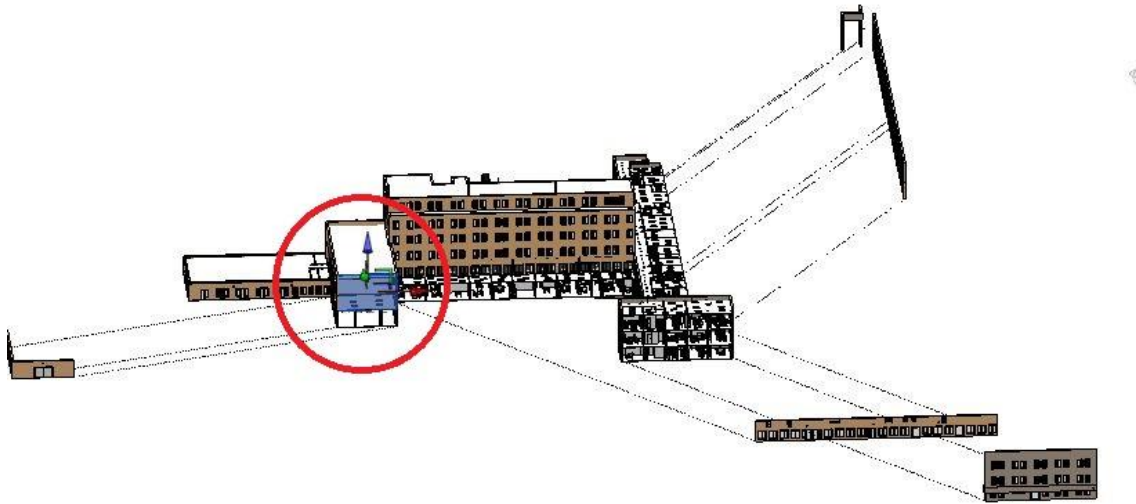
7.3. Vista explosiva.

Además de crear vistas 3D de las plantas, podemos hacer un despiece de los elementos de la vista y crear una vista explosiva con el edificio separado.



En la vista 3D seleccionamos el elemento y pinchamos en Desplazar elementos. Esto te permite crear una vista con despieces pero que no afecta a la posición original de los elementos en las demás vistas. Se puede añadir una línea de ruta del desplazamiento del elemento.



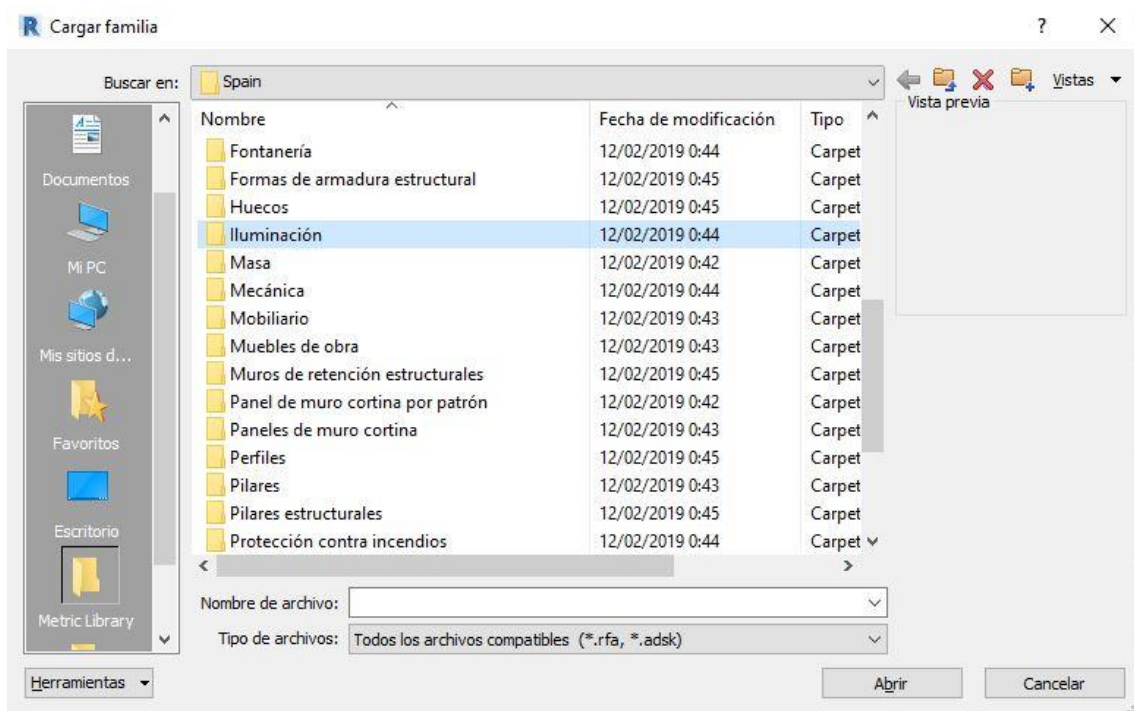


Es una opción muy útil para crear renders del interior. Así mismo, hay que recordar que podemos duplicar las vistas para obtener distintas vistas 3D de nuestras plantas y partes del edificio.

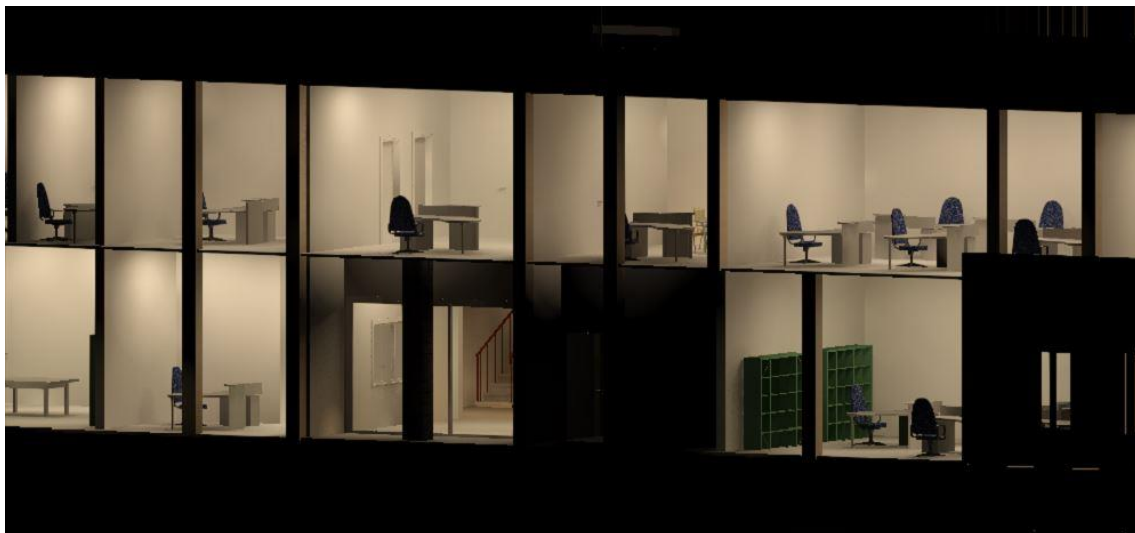


8. Iluminación.

Un aspecto interesante del BIM es que podemos añadir las redes de saneamiento y comunicaciones a nuestro edificio, pero si no puedes llegar hasta un nivel tan avanzado puedes dotar a tu modelo de estas capacidades BIM añadiendo luminarias como componentes en los planos de techo o en el entorno con luz para exteriores.



Aplicando renders podremos ver esta iluminación encendida con la opción de iluminación artificial, dando un efecto muy real al modelo.

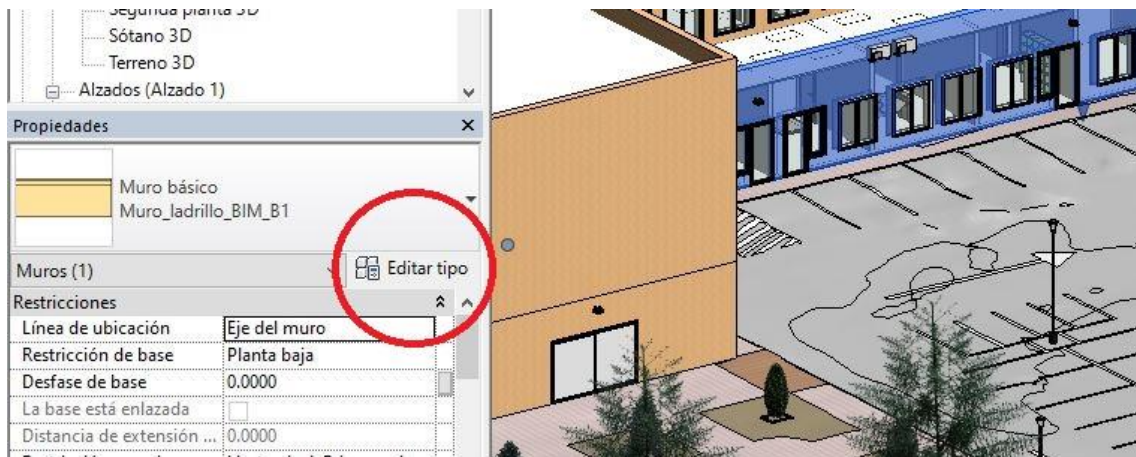




9. Materiales y pinturas.

Una forma de dotar de realismo a nuestro modelo es aplicar distintos materiales a los elementos del modelo, ya sean muros, ventanas, regiones de la superficie, etc.

Para esto, seleccionamos el elemento y en la tabla de propiedades editamos el tipo de elemento. Una vez se despliega la nueva pestaña, duplicamos el elemento para crear uno nuevo y no modificar el que hay por defecto.



Si pinchamos en editar la estructura podemos editar los tipos de materiales que componen el elemento.

Propiedades de tipo

Familia: Familia de sistema: Muro básico

Tipo: Muro_ladrillo_BIM_B1

Parámetros de tipo

Parámetro	Valor
Construcción	
Estructura	
Envolverte en inserciones	Sin envolvente
Envolverte en extremos	Interior
Anchura	0.3700
Función	Interior
Gráficos	
Patrón de relleno de detalle bajo	
Color de relleno de detalle bajo	■ Negro
Materiales y acabados	
Material estructural	Ladrillo exterior BIM_B1
Propiedades analíticas	
Coefficiente de transferencia de calor (U)	
Resistencia térmica (R)	
Masa térmica	
Absortancia	0.700000
Aspereza	3
Datos de identidad	
Imagen de tipo	

<< Vista previa

Aceptar Cancelar Aplicar

Una vez estamos listos para editar, nos aparecerán las distintas capas que presenta el elemento pudiendo editarlas todas, teniendo por ejemplo un material base y un elucido diferente para el exterior del muro que para el interior del mismo.

Capas

CARA EXTERIOR					
	Función	Material	Grosor	Envolvertes	Material
1	Acabado 2 [5]	Ladrillo exterior BIM_B	0.0150	☒	
2	Contorno del núcleo	Capas por encima de	0.0000		
3	Estructura [1]	Ladrillo exterior BIM_B	0.0500	☐	☒
4	Contorno del núcleo	Capas por debajo de	0.0000		
5	Acabado 2 [5]	Ladrillo exterior BIM_B	0.3050	☐	

CARA INTERIOR

Insertar Suprimir Arriba Abajo

Envolverte por defecto

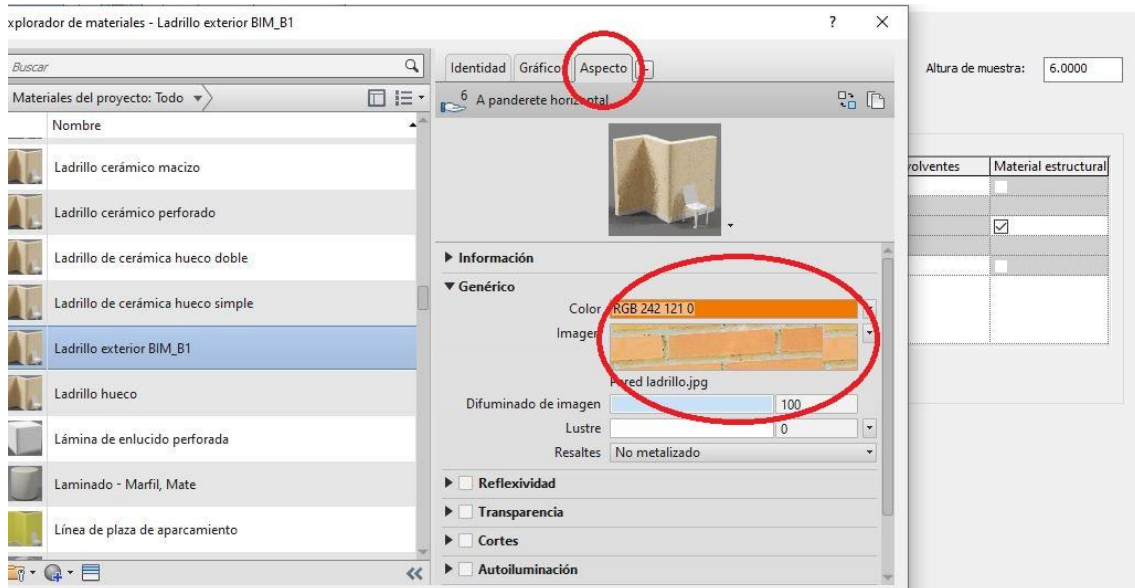
En las inserciones: Sin envolvente

En los extremos: Interior

Modificar estructura vertical (sólo en vista previa de sección)

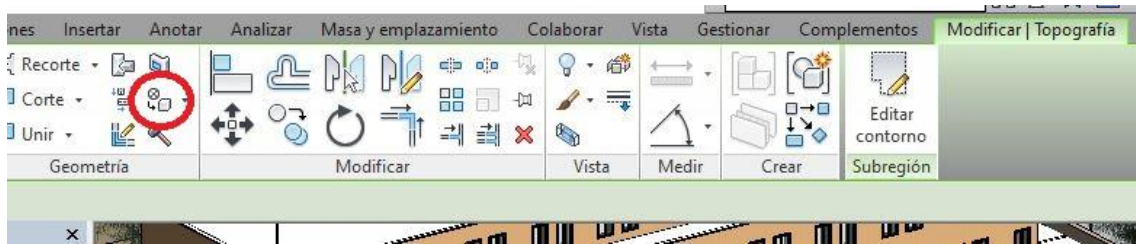


Pinchamos en la pestaña de los puntos suspensivos y podemos elegir el tipo de material que queremos para nuestro elemento. Si nos vamos a la pestaña de Aspecto y pulsamos sobre la imagen podemos cambiarla y añadir una imagen tomada por nosotros, por lo que el material tendrá un aspecto igual que la realidad al aplicar renders. En mi caso, para cada material he añadido una foto del elemento (la zona recortada) para dotar de un mayor realismo a todo el modelo.



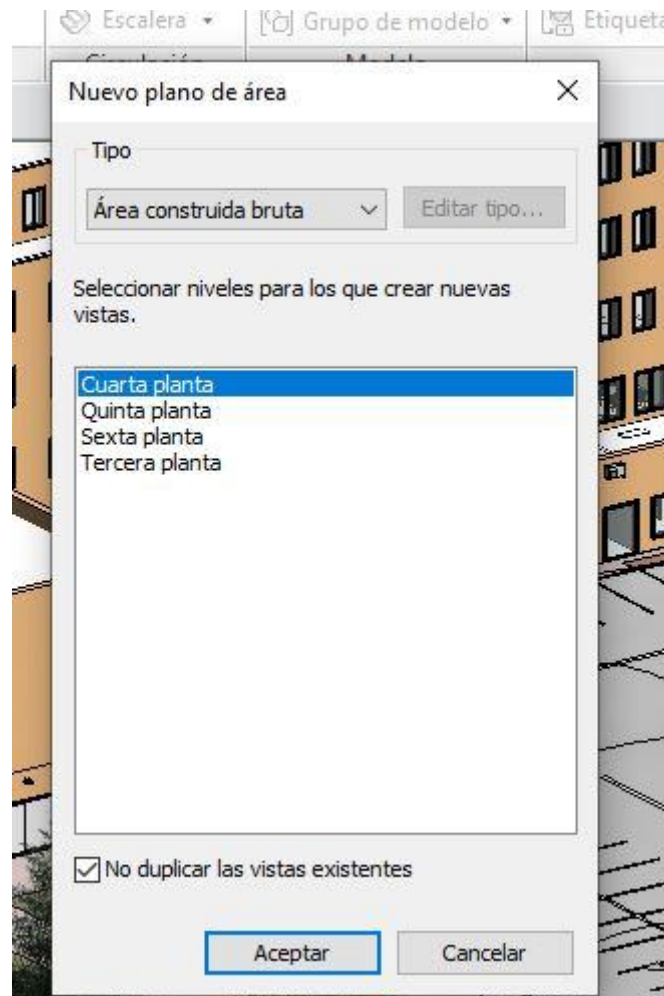
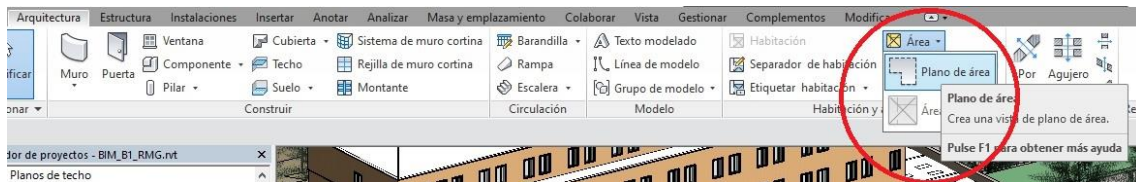
Podemos utilizar también una herramienta que nos permite acceder a las opciones de edición de los materiales de un elemento y pintarlo directamente. Esta es la opción Pintura que se encuentra en el apartado Modificar.



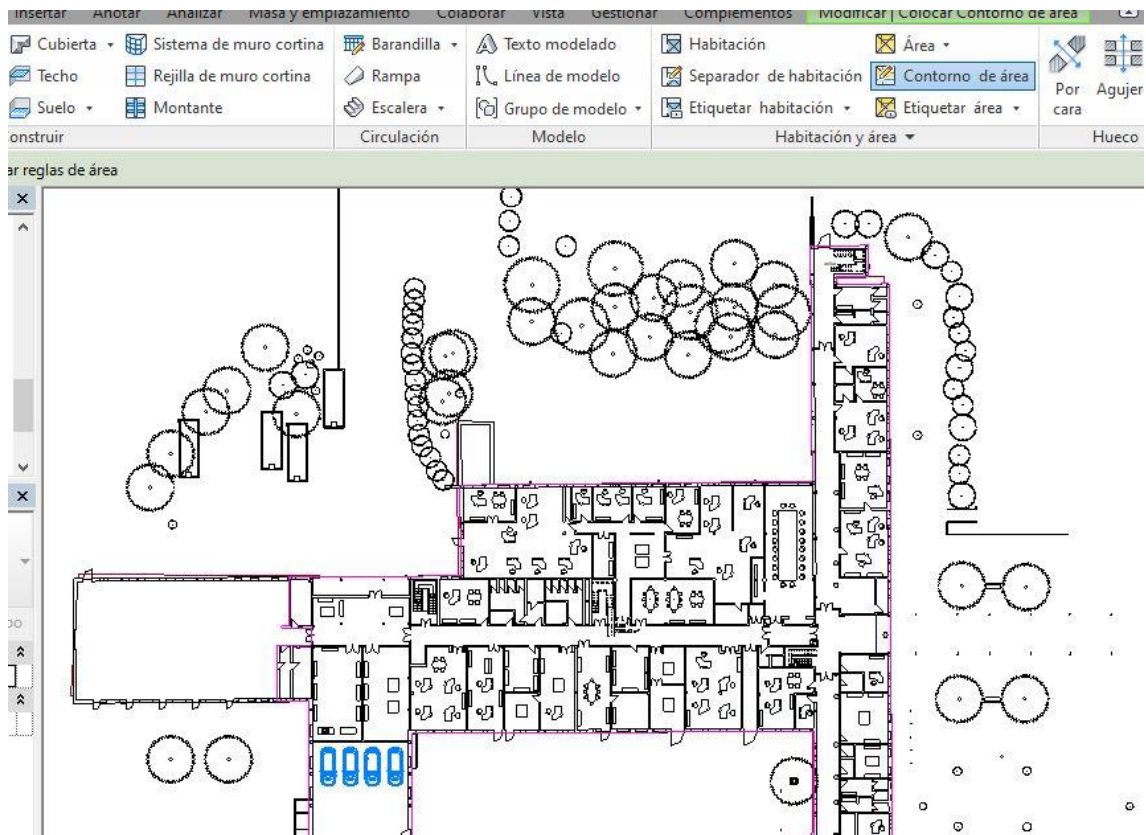


10. Áreas y perímetros.

Arquitectura / Área / Plano de área / Tipo de Área / Área construida bruta / Decimos no a la medida de forma automática. Creamos el plano de área de cada nivel que aparecerá en la pestaña desplegable de Planos de área (Área construida bruta).



Una vez los tenemos creados pinchamos en Contorno de área y creamos contornos cerrados.



En el navegador de proyectos, en el desplegable Leyendas, pinchamos con el botón derecho y seleccionamos Áreas (Área construida bruta) y agregamos nombre, área, nivel y perímetro. De este modo, tendremos una tabla con los datos correspondientes a estos campos al medir los contornos creados.

Nueva tabla de planificación

Lista de filtros: <mostrar todas>

Categoría:

- Uniones de tubería
- Uniones de tubo
- Vegetación
- Ventanas
- Vigas analíticas
- Vigas de celosía estructur...
- Vínculos analíticos
- Zonas de climatización
- Áreas (De alquiler)
- Áreas (Área construida br...
- Áreas de mallazo estructural

Nombre: Tabla de planificación de multicategoría

☒ Tabla de planificación de componentes de edificación

☐ Claves de la tabla de planificación

Nombre de la clave:

Fase: Nueva construcción

Aceptar Cancelar Ayuda

Propiedades de tabla de planificación

Campos Filtro Clasificación/Agrupación Formato Aspecto

Seleccionar campos disponibles de: Áreas

Campos disponibles:

- Comentarios
- IfcGUID
- Imagen
- Número
- Recuento
- Tipo de área

Campos de planificación (en orden):

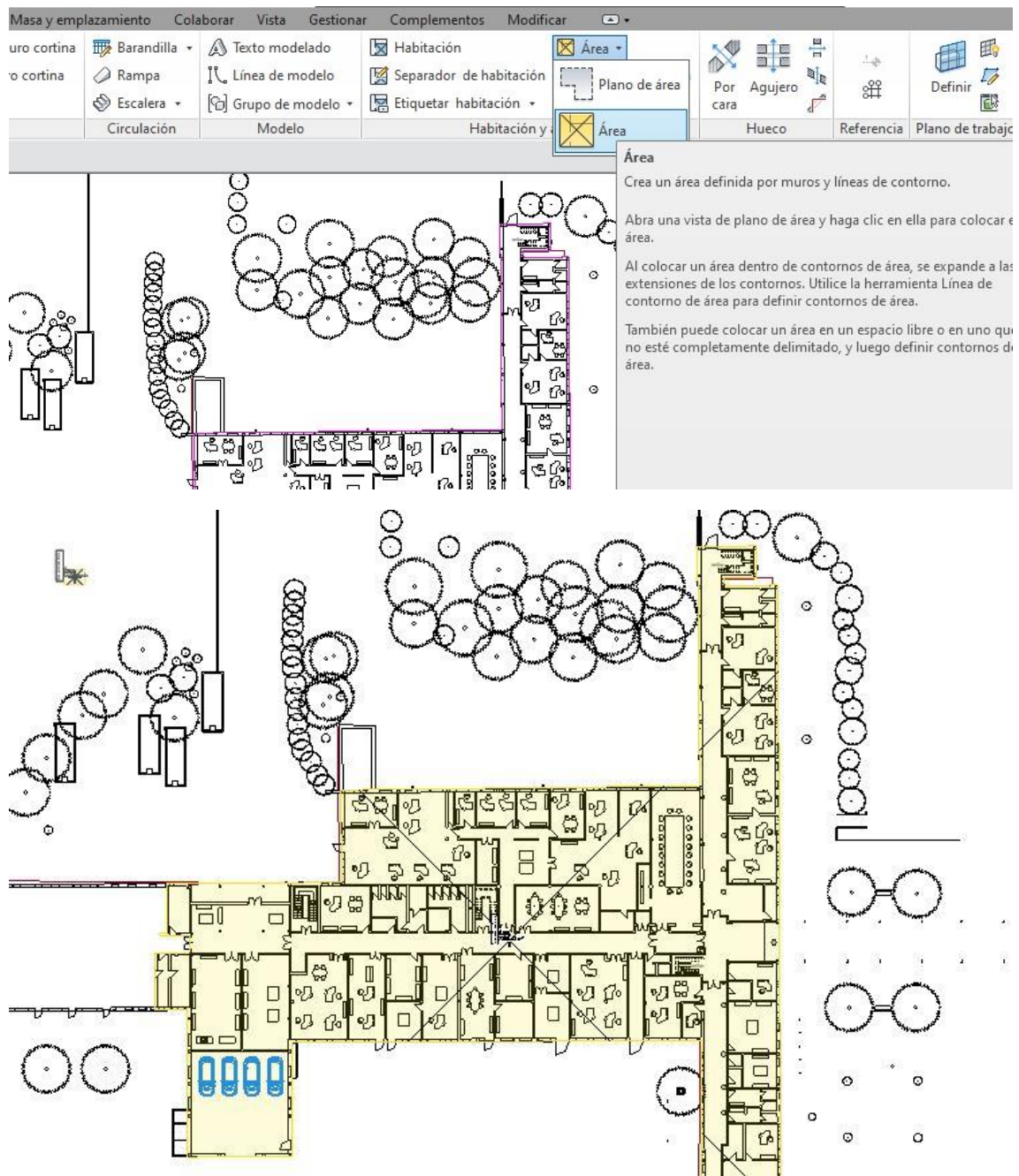
- Perímetro
- Nivel
- Nombre
- Área

☐ Incluir elementos de vínculos

Aceptar Cancelar Ayuda

Para calcular las áreas: Arquitectura / Área. Seleccionamos los contornos y en la tabla de planificación del desplegable tendremos los resultados.





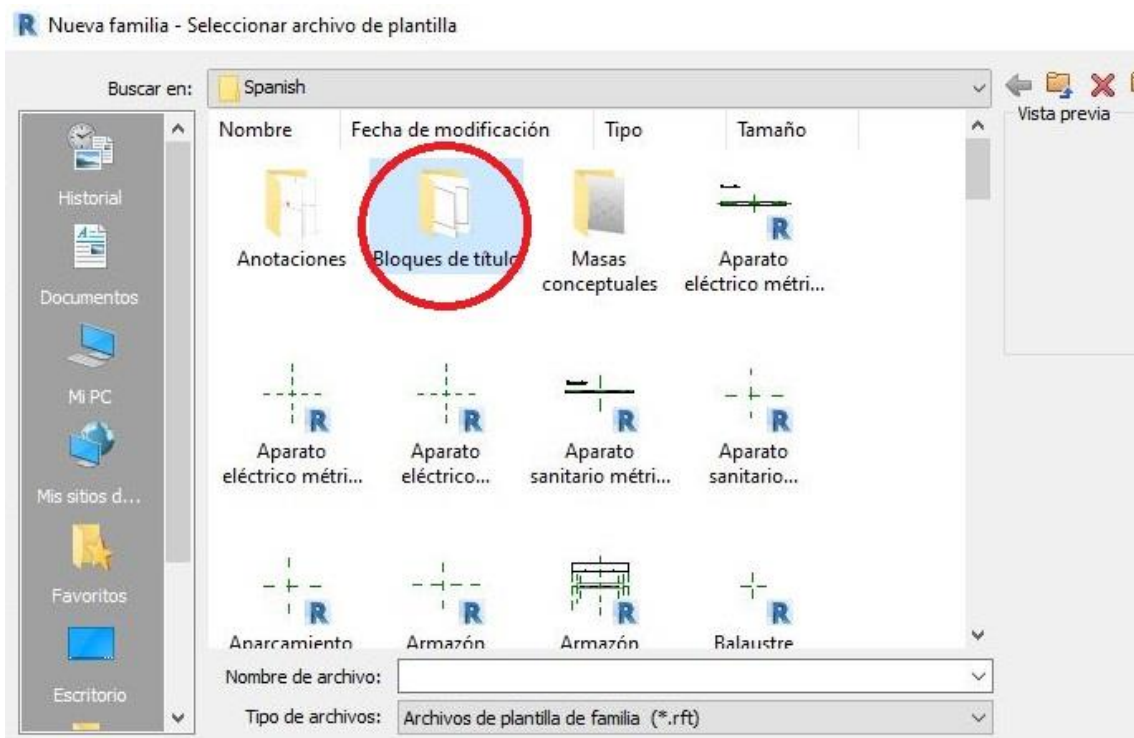
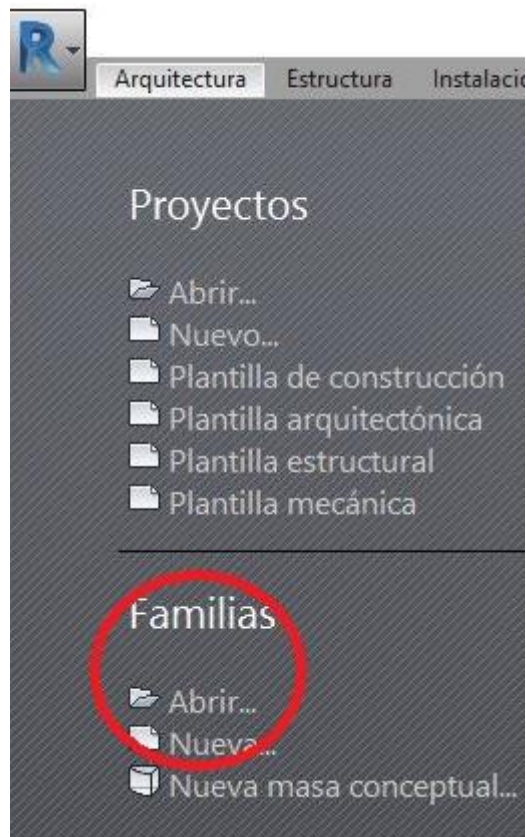
11. Planos.

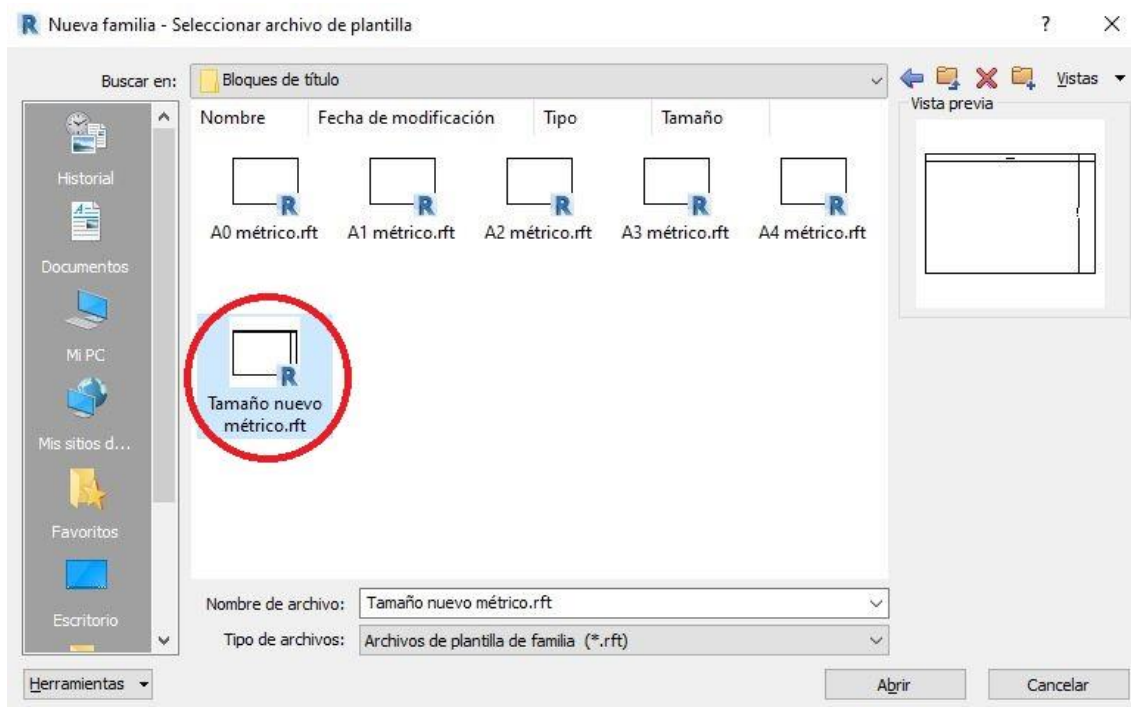
Para la elaboración de los planos tenemos que usar un plano de base o pie de plano en el que arrastrar nuestros elementos del modelo. Yo, en mi caso, creé mi propio pie de plano con las medidas de un plano A1.

11.1. Pie de plano.

Abrimos Revit desde el principio sin abrir nuestro proyecto y pinchamos en: Familia / Nueva / Bloques de título / Tamaño nuevo métrico. Establecemos las unidades del proyecto en: Gestionar / Unidades de proyecto. Yo suelo utilizar milímetros.





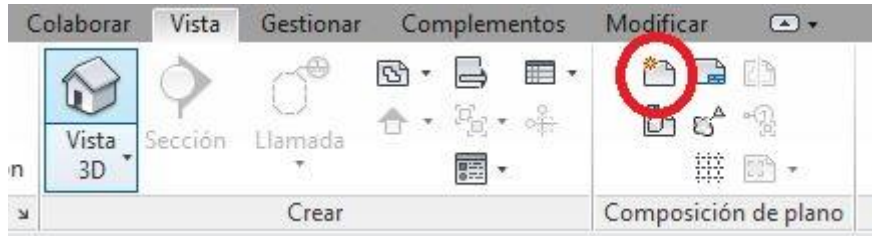


Creamos nuestro pie de plano respetando la normativa para el cajetín y los márgenes y lo guardamos como .rfa.



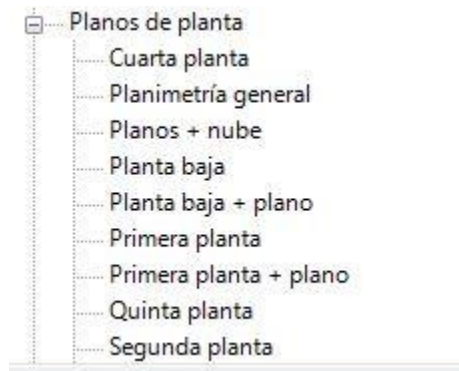
11.2. Planos.

Una vez tenemos el pie de plano creado simplemente tenemos que abrirlo en Vistas / Plano. Todos los planos que se crean aparecen en el desplegable Planos.



La ventaja de hacer planos con Revit, además de estos pasos que son sencillos, es que seleccionando las vistas que ya tenemos creadas, ya sean planas o en 3D y arrastrándolas desde el explorador de la parte izquierda hasta el plano, ya se insertan directamente en el plano.

Lo único que hay que tener en cuenta es que lo que modifiquemos en la vista también se hará en la copia de la vista que hay en el plano. Mi consejo es duplicar las vistas y dejar vistas específicas preparadas para los planos. De esta forma ocultamos los elementos que no queremos que aparezcan en los planos en esta vista duplicada y tenemos por un lado la vista del plano correctamente y, por otro lado, la vista completa para utilizarla sin afectar al plano.



Otra ventaja es que puedes arrastrar distintos elementos, por lo que puedes tener un plano en 2D acompañado de su plano 3D.

