



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Centro de Estudios de Postgrado

Trabajo Fin de Máster

**ESTUDIO DE CAPTURA DE DATOS
CON ESCÁNER LÁSER TERRESTRE
(TLS) PARA APLICACIÓN EN EL
MODELADO DE INFORMACIÓN
PARA LA EDIFICACIÓN (BIM)**

Alumno/a: Rodríguez Juárez, Alicia

Tutor/a: Prof. D. Emilio Mata de Castro
Dpto: Ingeniería Cartográfica, Geodésica y
Fotogrametría

Julio, 2016



ÍNDICE

1.	MEMORIA	3
1.1.	INTRODUCCIÓN	3
1.1.1.	Building Information Modelling	3
1.1.2.	LOD. Nivel de Desarrollo.	5
1.1.3.	Láser escáner terrestre (TLS).....	8
1.2.	OBJETIVO	12
1.3.	LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.	13
1.4.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	16
2.	ANEJOS	18
2.1.	ANEJO I: Estudio Preliminar.....	18
2.1.1.	Recopilación de la información	18
2.1.2.	Análisis de la metodología. Solución adoptada.....	18
2.1.3.	Instrumentación utilizada.....	20
2.1.4.	Incertidumbres	22
2.2.	ANEJO II: Desarrollo de los trabajos de campo.	26
2.2.1.	Materialización y señalización de las bases	26
2.2.2.	Reseñas.....	29
2.2.3.	Observaciones topográficas realizadas.	46
2.2.4.	Toma de datos de escáner láser 3D	48
2.2.5.	Visualización de la toma de datos de escaneos.	51
2.3.	ANEJO III: Desarrollo de los trabajos de gabinete.....	54
2.3.1.	Programas informáticos utilizados	54
2.3.2.	Procesado de los datos.....	58
2.3.3.	Procesado de datos, Cyclone – MapTek I-Site.	61
2.3.4.	Fusión nube de puntos.	62
2.3.5.	Exportación MapTek I-Site – Revit architecture.....	66
2.3.6.	Edición Revit architecture.	66
2.3.7.	Resultado final.....	68
3.	CONCLUSIONES	84
4.	PRESUPUESTO	85
4.3.	TRABAJOS DE CAMPO.	85
4.3.1.	Cuadro de precios Simples.	85



4.3.2.	Cuadro de precios Descompuestos	86
4.3.3.	Jornadas.....	87
4.3.4.	Cuadro de presupuestos.	87
4.4.	TRABAJOS EN GABINETE.....	88
4.4.1.	Cuadro de precios simples.	89
4.4.2.	Cuadro de precios descompuestos.	89
4.4.3.	Jornadas.....	90
4.4.4.	Cuadro de presupuesto.	91
4.4.5.	Presupuesto de ejecución material.....	92
4.5.	PRESUPUESTO TOTAL.....	92
5.	BIBLIOGRAFÍA	93



1. MEMORIA

1.1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, gracias al avance tecnológico y la investigación, se han desarrollado nuevas técnicas para el proceso de generación de documentación para edificación. En los años ochenta los sistemas Computer Aided Design (CAD) comenzaban a asumirse en el sector de la construcción como un avance importante y un gran salto para abandonar las herramientas clásicas del dibujo arquitectónico. Poco tiempo más tarde los sistemas CAD eran una realidad totalmente implantada en nuestra sociedad y todos se empleaba como herramienta imprescindible para el desarrollo de la profesión.

La herramienta en CAD no era más que un sustituto informático de las herramientas tradicionales de dibujo. Se comenzó a investigar el cómo se podría conseguir una herramienta potente que no fuera una mera herramienta gráfica, sino que a su vez, aportara información sobre todo el ciclo de vida de una edificación. A raíz de ello, el profesor Charles M. Eastman fue el primero en difundir el concepto de Building Information Modelling (BIM). El BIM era el modelado de información para la edificación; una filosofía que pretendía aunar todos los procesos y fases de desarrollo de un proyecto de edificación en un modelo con una base de datos única desde la que gestionar y administrar el mismo.

1.1.1. Building Information Modelling

El modelado de información para la edificación (BIM – Building Information Modeling) es un método innovador para facilitar la comunicación entre los sectores de la arquitectura, la ingeniería y la construcción. Es decir, es una filosofía de trabajo; no es ninguna herramienta en concreto ni un proceso de trabajo; es una filosofía completa y compleja que se ocupa de englobar toda la información de una edificación concreta en una base de datos única desde la



cual se crean relaciones entre las diferentes herramientas que participan en la misma. Las herramientas o aplicaciones BIM se pueden entender de manera sencilla si se asimilan como una serie de aplicaciones que nos permiten obtener una información variada a cerca de la edificación, y de manera coherente, pues toda la información será obtenida de una base de datos común.

Esta tecnología que está en auge y que en muchos países ya está consagrada se traduce al español como **Modelado de Información para la edificación**, el cual se define como el proceso de **generación y gestión de datos** del edificio durante su ciclo de vida, utilizando un software dinámico de modelado de edificios en tres dimensiones y en tiempo real, para disminuir la pérdida de tiempo y recursos en el diseño y la construcción. Este proceso produce un modelo de información del edificio, que abarca tanto la geometría del edificio, las relaciones espaciales, la información geográfica, así como las cantidades y las propiedades de sus componentes.

Como consecuencia de esta nueva forma de proyectar en la edificación, se están generando nuevos complementos que aportan conexiones entre el modelo **BIM** y los **softwares existentes**.

Con el uso de los escáneres láser 3D, crece el interés por el BIM. El modelo virtual creado, conocido como nube de puntos y generada por el escáner láser 3D, fomenta la fluidez de la información del arquitecto, reduciendo errores y disminuyendo costes entre otros. Esto permite a los arquitectos diseñar edificios de la misma forma en que son construidos. Como todos los datos están guardados en el modelo virtual central, los cambios en el diseño son automáticamente detectados y realizados en todos los dibujos individuales generados desde el modelo.

Con esta aproximación integrada del modelo, BIM no solo ofrece un significativo incremento en la productividad sino que sirve como base para unos diseños mejor coordinados y para un proceso de construcción basado en el modelo. Mientras que el cambio desde CAD a BIM está ya justificado con los beneficios obtenidos durante la fase de diseño, BIM todavía ofrece más beneficios durante la construcción y operativa de los edificios.

El BIM se implanta con firmeza en los países como Inglaterra, según las últimas noticias, aparece la figura de Paul Morell, asesor jefe de Construcción para el gobierno Inglés que dice: “Con la



tarea de ahorrar dinero y carbono, he entendido que BIM ofrece la mejor oportunidad de lograr una industria de construcción más eficiente y eficaz.” (Graphisoft).

1.1.2. LOD. Nivel de Desarrollo.

Se conocen las ventajas que conlleva el trabajo en BIM aunque igualmente se sabe el problema que existe al definir el coste de un modelo BIM.

Atendiendo a ese problema, una compañía de software que produce aplicaciones control de costes para la construcción, creó los LOD. LOD significaba "Nivel de detalle".

Poco después, la AIA (American Institute of Architects) decidió que este sistema sería una buena opción para valorar la calidad de un modelo BIM, pero decide cambiar "Nivel de detalle" por "Nivel de desarrollo", ambos todavía tienen el mismo acrónimo de LOD.

Aquí hay un cambio sustancial de concepto, se decide valorar para qué sirve la información representada en vez de la cantidad de información.

Este concepto de valorar "para qué sirve la información representada" es importante, mide la cantidad de información y la calidad de información, es una forma de ponderar la veracidad de la información representada, debe haber información suficiente para satisfacer ponderar el nivel de LOD de cada trabajo.

De esta forma surge el siguiente escalado de calidades de acabado:

- **LOD 100** : Es un diseño conceptual , el modelo aportará una visión general, básicamente aportará el volumen, la orientación y área. El análisis de costes puede aproximarse por estimación respecto al volumen.

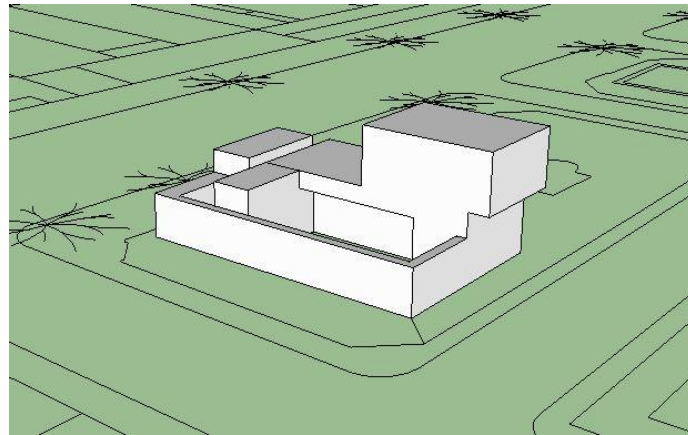


Imagen 1. Ejemplo LOD 100 (Fuente: J.Casanova).

- **LOD 200** : Aporta una visión general con información de magnitudes aproximadas, tamaño, forma, localización y orientación. El uso que se da es simplemente incrementar la capacidad de análisis. Pero las mediciones son aproximados, nunca definitivas, el coste sigue basándose en volúmenes, pero es más preciso.



Imagen 2. Ejemplo LOD 200 (Fuente: J.Casanova).

- **LOD 300** : Aporta información y geometría precisa, pendiente de algún detalle constructivo y aporta medidas más precisas, con un nivel de detalle externo importante pero no completo.



Imagen 3. Ejemplo LOD 300 (Fuente: J.Casanova).

- **LOD 400** : Contiene el detalle necesario para la fabricación o construcción y el nivel de mediciones es exacto.

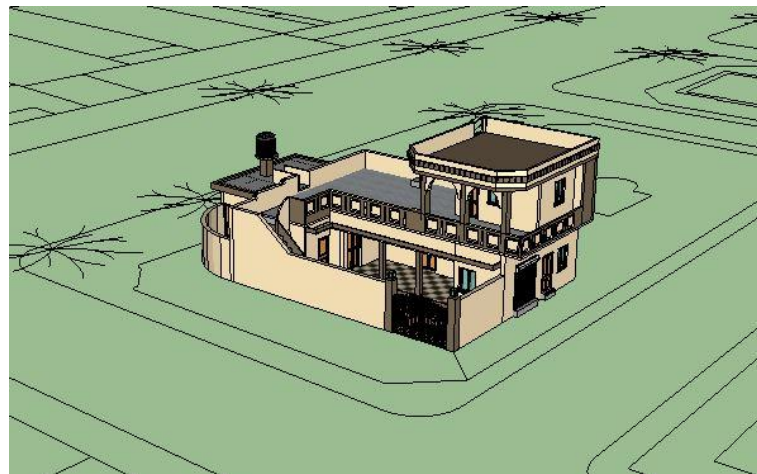


Imagen 4. Ejemplo LOD 400 (Fuente: J.Casanova).

- **LOD 500** : El último nivel de desarrollo representa el proyecto, ya que se ha construido , son las condiciones conforme a obra. El modelo es adecuado para el mantenimiento y el funcionamiento de la instalación.

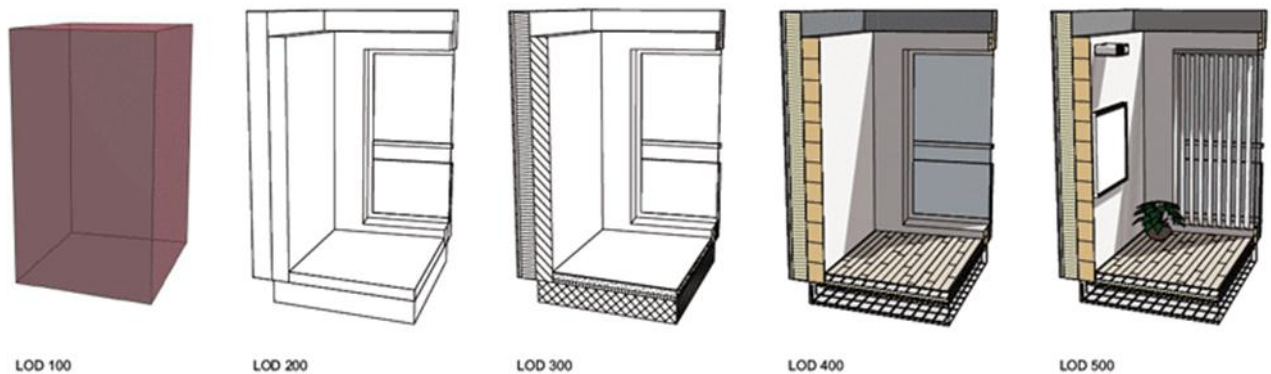


Imagen 5. Ejemplo de todos los niveles de detalle.

En resumen estos son los niveles de detalle de BIM, en este proyecto se ha llegado al nivel de detalle LOD 400 este nivel de desarrollo se considera que es adecuado para la fabricación y montaje, el nivel de mediciones es exacto.

1.1.3. Láser escáner terrestre (TLS).

En cualquier proyecto tiene sentido utilizar la herramienta más adecuada. Cuando se requieren as-built levantamientos topográficos, detallados, o de ingeniería, los sistemas TLS (Terrestrial Laser Scanner) son la opción. Las soluciones TLS establecen nuevos estándares para efectuar un trabajo. Como se ha dicho anteriormente con el uso de los escáneres láser 3D, crece el interés por el BIM y de ahí la idea de hacer este proyecto con esta metodología.

El escáner láser o LIDAR terrestre se basa en el mismo principio que el LIDAR aerotransportado (ALS). Esto es, el barrido de la zona a levantar se realiza mediante un láser, sólo que en este caso el barrido se efectúa desde un equipo estacionado sobre la superficie. La técnica de barrido láser (láser scanning) comparte las ventajas de adquisición de cantidades masivas de puntos, con elevada precisión relativa y con gran rapidez. En el caso terrestre, la estabilidad del sensor y las

cortas distancias a las que se encuentran los modelos a levantar, permiten conseguir resoluciones milimétricas de una manera más rápida que las técnicas habituales de levantamiento. Se puede estacionar el instrumento frente al objeto del levantamiento (una fachada), o bien embarcarlo en un vehículo para la adquisición de datos en varios puntos de un recorrido.

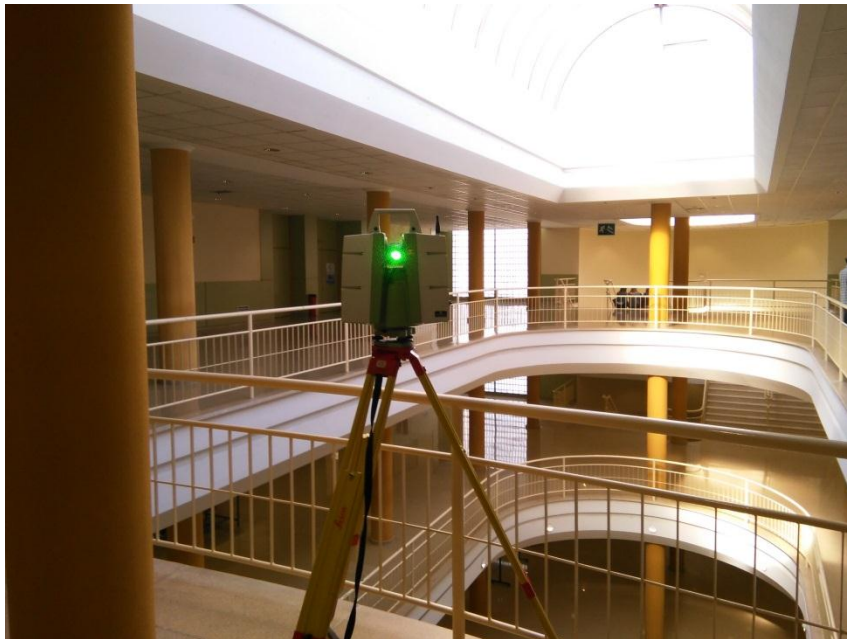


Imagen 6. Escáner C10 escaneando el interior del edificio B4.

- **Ventajas TLS**

- Captura masiva de datos 3D.
- Precisión y exactitud.
- Gran rapidez.
- Se obtiene una densa nube de puntos, no una imagen del objeto, pudiendo esta técnica complementar o sustituir a otras de imagen como la fotogrametría terrestre.
- Otros usuarios pueden utilizar y revisar las nubes de puntos.



- **Aplicaciones TLS**

- Documentación y monitorización patrimonial (arquitectónica, arqueológica, obras de arte...).
- Estudio de riesgos naturales.
- Estudios forenses y militares.
- Levantamientos topográficos (en general).
- Estudios de cárcavas.
- Levantamientos mineros y subterráneos.
- Presas.
- Erosión de suelo.
- Vías de comunicación (carreteras, taludes, estructuras...).
- Viaductos y obras de fábrica.
- Arquitectura y edificación.
- Subestaciones eléctricas.
- Plantas industriales.
- Instalaciones (Automoción, Aeronáutica...).
- Caracterización de bosques.

- **Principios de funcionamiento:**

Los TLS son aparatos de elevada precisión, capaces de trabajar en diferentes entornos y bajo condiciones atmosféricas adversas. Utilizan medidas taquimétricas, que consisten en la combinación de la medida de distancias y ángulos.

El escáner barre todo su campo visual (Field of View; FoV) variando la dirección del rayo láser para poder escanear los diferentes puntos objeto de medida; bien rotando el propio dispositivo o bien utilizando un sistema de espejos rotativos o prisma. Este último método es el más utilizado, puesto que los espejos son más ligeros y pueden girar rápidamente y con una gran precisión.

El principio básico de funcionamiento consiste en la proyección de una señal óptica sobre un determinado objeto, y el correspondiente procesamiento de la señal reflejada para determinar la distancia a la que se encuentra. Por cada señal reflejada se obtiene dos ángulos correspondientes (α y θ) la distancia ρ y la intensidad.

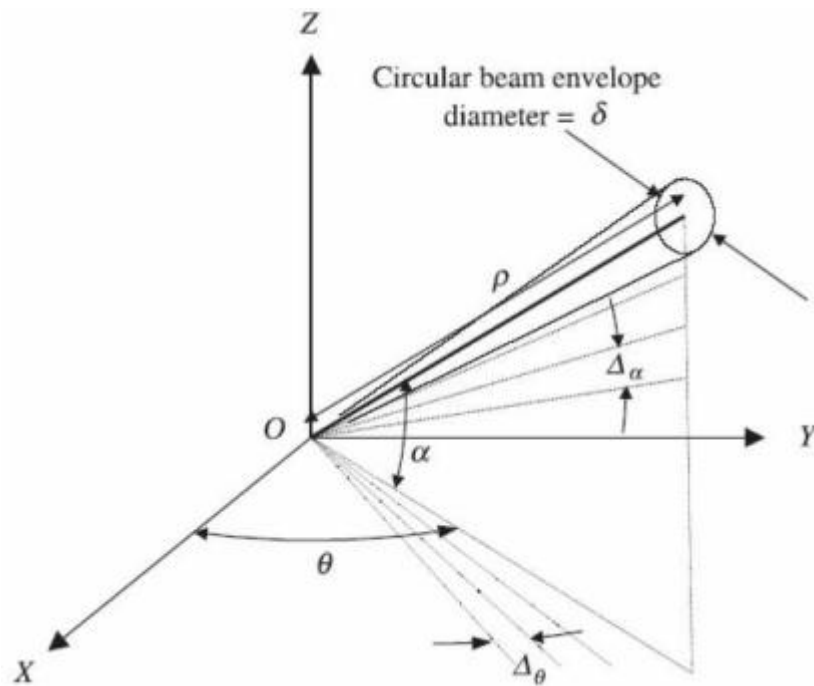


Imagen 7. Coordenadas polares de un punto que ha sido medido con TLS.

Mediante los ángulos se puede definir la posición de cada uno de los puntos de la escena en un sistema de coordenadas polares, que internamente es transformado a un sistema cartesiano según las ecuaciones: $x = \rho \cos\alpha \sin\theta$; $y = \rho \cos\alpha \cos\theta$; $z = \rho \sin\alpha$. Donde " α " y " θ " son los ángulos en coordenadas polares; " ρ " la distancia en coordenadas polares; " x, y, z " son las coordenadas cartesianas.

Además, la intensidad de la señal devuelta es también almacenada. La intensidad es una medida de la energía recibida por cada punto. Con todo, el TLS crea una nube de puntos donde cada punto queda determinado por su posición (X, Y, Z).



1.2. OBJETIVO

El objeto principal del presente trabajo es la oportunidad para implementar nuevas tecnologías y conocer una interesante herramienta implantada actualmente en muchas empresas de arquitectura y construcción.

Bajo el contexto actual, se vislumbra la necesidad de realizar un levantamiento del edificio B4 del Campus “Las Lagunillas” de la Universidad de Jaén mediante un sistema escáner láser terrestre para generar posteriormente un Modelo BIM que permita obtener toda la información necesaria para exportar datos a otros programas específicos.

Además, se pretende estudiar la mejora que introduce la utilización de los escáneres láser terrestres como fuente de datos para la modelización de edificios apoyados por métodos topográficos.

Dentro de la filosofía BIM aparecen programas que pretenden aunar esta idea de gran contenedor de datos, entre los cuáles en este trabajo se empleará con el programa Autodesk Revit Architecture; siendo una herramienta revolucionaria en constante evolución, donde el técnico puede hacer una simulación completa del edificio, con un volumen de información mayor, que genera toda la documentación coordinada en una misma base de datos. Todo esto lleva a un lógico incremento de la productividad y una reducción de los costes del proyecto de hasta un 60 por ciento. Se puede modelar, y obtener gran parte de la información.

Igualmente analizar el tratamiento óptimo de los datos procedentes del escáner para su incorporación a BIM a partir de los programas disponibles.

Todo ello hace que el TFM pueda ser considerado como actual a la vez que novedoso.

1.3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.

La zona en la que se encuadra el proyecto se sitúa en España, en la comunidad Autónoma de Andalucía, en la Universidad de Jaén en la provincia de Jaén.



Imagen 8. Mapa Jaén. Fuente Google Maps.

El edificio, se trata del “B4 Aulario Flores de Lemus” situado en el campus “Las Lagunillas” de la Universidad de Jaén. El edificio recibe este nombre en honor al economista y político Antonio Flores de Lemus, nacido en Jaén.

Está delimitado por los edificios:

- Al sur con el Edificio A3 Ingeniería y Tecnología.
- Al norte con el Edificio C3 Aulario Juan de Mata Carriazo y con respecto al campus con la carretera Bailén-Motril, N-323.
- Al oeste con el Edificio B3 Ciencias Experimentales y de la Salud

- Al este con el Edificio B5 Aulario Coello de Portugal y Quesada.



Imagen 9. Vista aérea de la Universidad de Jaén.

El entorno está conformado por edificios de similar tipología constructiva.

Cuenta con una planta baja, una primera y una segunda planta. La planta baja dispone de ocho aulas, un aula de música y reprografía. Entre la planta primera y la planta segunda se encuentran también varias aulas. Las aulas se usan para impartir diversas materias incluidas en los planes de estudio universitarios.

La entrada principal dispone de dos modos de acceder al interior del edificio, pues en un lado hay escalones y en el lado derecho hay una rampa con pasamanos. La puerta de entrada es automática y tiene una anchura más que suficiente. Consta de 4 puertas auxiliares para el acceso al edificio por sus laterales, 2 en cada lateral simétricamente.



Imagen 10. Edificio B4 Flores de Lemus (lateral).

Para acceder a las distintas plantas, como alternativa a las escaleras hay dos ascensores habilitados.

El edificio tiene aproximadamente forma rectangular con dos semicilindros en los lados este y oeste añadiendo un saliente rectangular en su parte posterior.



Imagen 11. Entrada principal.



Su cubierta consta de cerramientos abovedados en su parte central y laterales, su fachada es de ladrillo visto y tiene amplios ventanales.

El Edificio en sí tiene Superficie útil de 10.696,27 m² y construida de 12.113,50 m².

1.4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El trabajo se inicia con el estudio de la zona de actuación, la realización de la recopilación de toda la información posible disponible y el reconocimiento previo del edificio para conocer con detalle la zona de actuación.

Después de este reconocimiento, se decide el tipo de red de apoyo para facilitar la georreferenciación de los datos que se obtengan de los diferentes escaneos.

Se comprueba la viabilidad de la zona y se estudia los posibles lugares de implantación de la red de bases, ya que tienen que ser visibles entre sí y debido a los árboles, plantas, estructuras y otros elementos ubicados en la zona de trabajo presentan un problema para cubrir todo el edificio. Una vez realizado esto se observa la red.

Posteriormente se compensan las redes. Una vez obtenidas las coordenadas compensadas de las bases, estas se utilizan como estaciones del escáner láser terrestre para realizar el levantamiento con orientación sobre otras bases, esto facilita el procesado de datos ya que los escaneos del exterior del edificio y los del interior de la planta baja aparecen orientados. El resto de las plantas se escanean de modo libre realizando al orientación posterior en gabinete por fusión de nubes de puntos.

Seguidamente con el programa Leica Cyclone se extraen los datos. Por medio del programa Maptex I-Site se filtran y fusionan las nubes de puntos quedando así todo el edificio completo tanto su exterior como interior.



Todo va a quedar georreferenciado en el sistema de coordenadas diseñado previamente.

Por último con Autodesk Revit Architecture se crea el modelo 3D del edificio. Las funciones que permite hacer son ajuste de muros en la nube de puntos, insertar diferentes tipos de suelo, todo con distintos tipos de materiales, pintar paredes, diseñar distintos tipos de puertas, ventanas para que el modelo 3D pueda asemejarse lo máximo posible al edificio B4.

El instrumental que se utiliza en este trabajo es una estación total, con elementos auxiliares y un escáner láser terrestre, con dianas para poder orientar los escaneos.

Finalmente se calcula el presupuesto para el proyecto siendo así el Presupuesto de Ejecución Material que asciende a la mencionada cantidad de **CUATRO MIL TRESCIENTOS VENTISIETE EUROS** con **NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS**.



2. ANEJOS

2.1. ANEJO I: Estudio Preliminar

2.1.1. Recopilación de la información

Antes de realizar cualquier tipo de medición, es importante una planificación de los trabajos, en este trabajo se utiliza fotografías aéreas proporcionadas por el visor de imágenes IBERPIX del Instituto Geográfico Nacional. Observando así la geometría como zonas que podrían presentar problemas a la hora de la toma de datos.

Posteriormente, se lleva a cabo un reconocimiento del edificio a pie, para conocer las características del mismo y su entorno. Durante este proceso se estudia la implantación de las bases que formarán la Poligonal alrededor del edificio y en la planta baja, dichas bases servirán para orientar los escaneos.

Hay que tener en cuenta la visibilidad entre las bases, para la orientación. Los escaneos tienen un mínimo de solape entre ellos, para que la fusión de las nubes de puntos resulte más efectiva.

2.1.2. Análisis de la metodología. Solución adoptada.

Las técnicas más recientes y útiles en la toma de datos de para crear modelos virtuales fiables y detallados, son la Fotogrametría y el uso de Láser Escáner 3D. Existen otros métodos tradicionales, como la medida directa de distancias con cinta métrica o distanciometros, el levantamiento mediante topografía clásica como las intersecciones angulares que se descarta o el empleo de estaciones totales tanto de infrarrojo como de láser.



- **Fotogrametría.**

La técnica de la fotogrametría permite obtener una réplica digital a partir de la toma de una serie de fotografías tomadas desde diversos puntos de vista con un recubrimiento común. Las nuevas herramientas fotogramétricas identifican de forma automática puntos homólogos en distintas imágenes lo cual posibilita la orientación relativa de las mismas, es decir, permite determinar su posición espacial en el momento de la toma fotográfica. A partir de la nube de puntos generada a partir de estas fotos orientadas, se crea una superficie mediante triangulación, que posteriormente se texturiza. Esta automatización en el proceso la convierte en una técnica atractiva en diversos campos de aplicación. Una vez obtenido el modelo tridimensional, éste se puede ortoproyectar sobre un plano, lo cual permite obtener una ortoimagen sobre la cual se pueden digitalizar aquellos elementos de interés mediante cualquier herramienta de CAD.

- **Escáner Láser Terrestre.**

Los avances tecnológicos, que son cada vez más rápidos e impresionantes, han permitido la irrupción en el campo de la Topografía de los Escáner Láser 3D. Desde su comercialización han despertado un enorme interés entre todos los profesionales relacionados con temas de restauración y rehabilitación, debidos sin duda a sus grandes prestaciones, que proporcionan resultados tan rápidos y precisos que pueden compararse en eficacia con los obtenidos a través de la fotogrametría. La mayor ventaja del escaneado láser es que en un modelo de puntos densos permite la generación de varios resultados útiles en tiempos de post proceso mucho más cortos, proporciona un volumen directo para su posterior modelado.

- **Solución adoptada.**


Finalmente se ha elegido como metodología el escáner láser terrestre debido a que permite obtener una gran cantidad de medidas en un tiempo relativamente breve y teniendo en cuenta el estudio de incertidumbre que se realiza en el apartado 2.1.4.

Antes de realizar el levantamiento de la zona se tiene que dotar a ésta de varios puntos de coordenadas conocidas. Por tanto hay que distinguir entre la metodología necesaria para implantar la red de bases, y la metodología necesaria para realizar la toma de escaneos. Se ha elegido para realizar las observaciones de la poligonal y radiaciones (para puntos intermedios) una estación total TS-06. Una vez obtenidas la red de bases se procede a la toma de escaneos que para ello se ha utilizado un escáner láser C10.


2.1.3. Instrumentación utilizada

Los instrumentos que se utilizan para el desarrollo de los trabajos topográficos son una estación total TS-06 de la marca LEICA , un escáner láser terrestre C10 también de la marca LEICA y un accesorio para el escáner que se trata de una diana circular y accesorios.

- **ScanStation Leica C10.**

ScanStation Leica C10		
	Principio de medición	Pulso-tiempo de vuelo
	Clase de Láser	3R (IEC 60825-1)
	Longitud de onda	532 nm visible
	Alcance	300m con 90% de reflexión
	Campo de visión	360° x 270°
	Precisión de medida aislada (un Sigma)	Posición= 6mm a 50m Distancia= 4mm a 50m
	Resolución Máxima	<1mm
	Tamaño del punto/ Divergencia del Haz	4,5mm a 50m (FWHH) 7mm a 50m (Gaussian)
	Velocidad Máxima de escaneo	50.000 Ptos/seg
	Compensador	Doble eje, seleccionable on/off
	Cámara	Cámara digital de alta resolución integrada

- Estación Total TS-06.

TS-06		
	Modo medición a Prisma	Precisión+ (1.5 mm + 2 ppm) „
	Modo medición sin Prisma	Precisión (2 mm + 2 ppm)
	Sistema de compensado	cuádruple
	Precisión de Compensador	0.5" / 0.5" / 1" / 1.5" / 2"

- **Dianas circulares inclinables 6".**

Las dianas de Leica Geosystems HDS son los accesorios ideales para el registro de los distintos escaneos y asegurar la calidad de los mismos. Permiten la georreferenciación para conocer los puntos de control y asegura el registro de múltiples nubes de puntos.



- **Batería y Cargador.**
- **Clavos.**
- **Maceta.**
- **Rotulador permanente.**
- **Trípode.**
- **Jalón con prisma.**
- **Estrella (para estacionamiento en interiores).**



2.1.4. Incertidumbres

En este apartado se hace un estudio a priori de las incertidumbres que se cometerán en el trabajo distinguiendo estos entre planimétrica y altimétrica de forma que se puede garantizar con seguridad la correcta elección de la instrumentación y metodología escogida. Se realiza este estudio para plantear el número de vértices que constarán en las poligonales, cubriendo todo el edificio.

La opción más acertada que se propone para el exterior del edificio consta de una poligonal cerrada de 4 vértices situándose en las esquinas del edificio (Imagen 12). También se implantaran puntos intermedios entre éstas que serán radiados desde las bases de la poligonal exterior; cada punto se observa desde 2 bases.

Dicha solución es la adoptada ya que al tener menos estaciones en la poligonal se reduce el posible error de ésta que es el objetivo de este estudio de incertidumbres. No se debe superar una incertidumbre media de 0,03 m.

Desde dos puntos radiados exteriores se enlaza otra poligonal al interior del edificio, ésta consta también de 4 vértices (Imagen 13).

Las incertidumbres individuales de inicio son:

Instrumento	Leica TS-06	σ_e [m]	0,001
σ_{ISO-HZ} [°]	15	σ_s [m]	0,002
σ_{ISO-V} [°]	15	β [']	8
MED [mm]	1,5	σ_i [m]	0,002
MED [ppm]	2	σ_m [m]	0,002

Tolerancia para $e_{c\ Ref}$	
$\sigma_{H\ ISO}$ [°]	21,2
$\sigma_{H\ REF}$ [°]	15,0
$T_{ec\ REF(3\ \sigma)}$ [°]	64

Se toma para el estudio distancias aproximadas entre las bases.



Según las características técnicas del escáner láser tiene una incertidumbre de:

Precisión TLS Leica C10	0,003 m
--------------------------------	----------------

- **PLANIMETRÍA**

En primer lugar se calcula la incertidumbre estándar circular de las poligonales exterior e interior por medio de las siguientes expresiones:

$$\sigma_c = \frac{\sigma_T + \sigma_L}{2} * \sqrt{\text{Número tramos}}$$

Dónde:

$$\sigma_L = \frac{\sigma_{Dr}}{\sqrt{2}}$$

$$\sigma_T = \sigma_{Hprom} * \sqrt{2} * Dg_{prom}$$

Posteriormente se calculan las incertidumbres en los puntos intermedios:

$$\sigma_L = \sigma_{Dr}$$

$$\sigma_T = \sigma_\alpha * Dg$$

Dónde:

$$\sigma_{Dr} = \sqrt{\left(\frac{\partial Dr}{\partial Dg} * \sigma_{Dg}\right)^2 + \left(\frac{\partial Dr}{\partial V} * \sigma_V\right)^2}$$

$$\sigma_\alpha = \sqrt{\sigma_{Href}^2 + \sigma_{Hp}^2}$$

$$\sigma_c = \frac{\sigma_T + \sigma_L}{2}$$



- ALTIMETRÍA**

Se procede una vez realizado el cálculo de las incertidumbres en planimetría a el cálculo de las incertidumbres en altimetría de las poligonales exterior e interior:

$$\sigma_{\Delta z} = \sqrt{\sigma_i^2 + \sigma_m^2 + \sigma_{t'}^2 + \sigma_{t''}^2 + \sigma_j^2}$$

$$\sigma_{\Delta z prom} = \frac{\sigma_{\Delta z}}{\sqrt{2}}$$

$$\sigma_{\Delta z iti} = \sigma_{\Delta z prom} * \sqrt{\text{Número tramos}}$$

Por último se calcula la incertidumbre en altimetría para los puntos intermedios:

$$\sigma_{\Delta z} = \sqrt{\sigma_i^2 + \sigma_m^2 + \sigma_{t'}^2 + \sigma_{t''}^2 + \sigma_j^2}$$

$$\sigma_{\Delta z prom} = \frac{\sigma_{\Delta z}}{\sqrt{2}}$$

- TRANSMISIÓN DE INCERTIDUMBRES**

Después de realizar todo el cálculo de las incertidumbres, el resultado final es el siguiente:

	Planimetría	Altimetría
	σ_C itin ext [m]	σ_z itin ext [m]
Poligonal exterior	0,006	0,004

	Planimetría	Altimetría
	σ_C itin int [m]	σ_z itin int [m]
Poligonal interior	0,011	0,004



Los puntos intermedios, al estar radiados desde dos puntos de la poligonal la incertidumbre circular se divide por $\sqrt{2}$

Quedando así:

PUNTOS INTERMEDIOS			
ESTACIÓN	PUNTO	$\sigma_c \text{ interm [m]}$	$\sigma_z \text{ interm [m]}$
1	2	0,003	0,002
	3	0,003	0,003
4	2	0,003	0,003
	3	0,003	0,002
4	6	0,003	0,003
	5	0,003	0,002
7	6	0,003	0,002
	5	0,003	0,002
7	8	0,003	0,003
	9	0,003	0,003
10	8	0,003	0,002
	9	0,003	0,002
10	11	0,003	0,004
	12	0,003	0,003
1	11	0,003	0,004
	12	0,003	0,004

Obteniendo así el punto que más incertidumbre tiene, siendo este un punto escaneado desde la poligonal interior:

- **Planimetría**

$$e_c \text{ Pto esc-pol.int} = \sqrt{\sigma_c^2 \text{ iti.ext} + \sigma_c^2 \text{ interm} + \sigma_c^2 \text{ iti.int} + \sigma_{esc}^2} = 0,01 \text{ m.}$$

- **Altimetría**

$$e_z \text{ Pto esc-pol.int} = \sqrt{\sigma_z^2 \text{ iti.ext} + \sigma_z^2 \text{ interm} + \sigma_z^2 \text{ iti.int} + \sigma_{esc}^2} = 0,007 \text{ m.}$$

2.2. ANEJO II: Desarrollo de los trabajos de campo.

2.2.1. Materialización y señalización de las bases

Una vez recorrida toda la zona y habiendo comprobado que las bases establecidas en el estudio previo deben de garantizar la total cobertura del edificio y que sean visibles entre sí.

Se pasa a su implantación en el terreno para su posterior utilización. Estas se materializan con clavos, y con pintura permanente para marcar cada base tanto para el exterior como el interior del edificio.

A continuación, se muestra la situación de los vértices; siendo 1, 4, 7 y 10 que conforman la poligonal exterior y los demás son puntos intermedios radiados desde las bases:

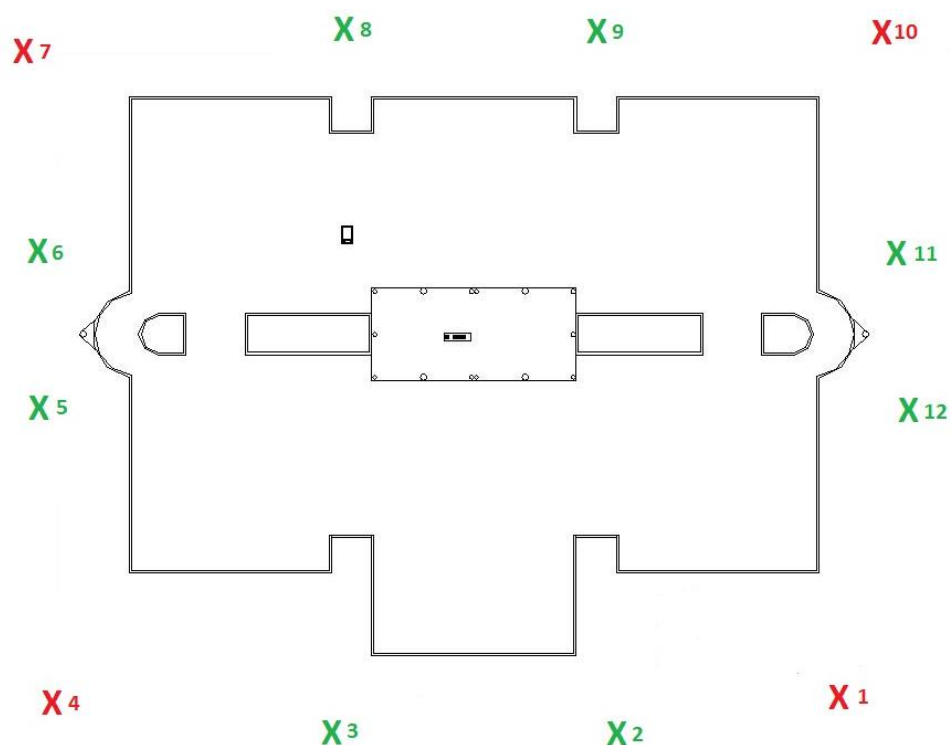


Imagen 12. Situación de las bases en el exterior del edificio.

Las bases del interior 13, 14, 15 y 16 constituyen una poligonal que va enlazada con la exterior, la base 13 con base la 12 y la base 5 con base 16.

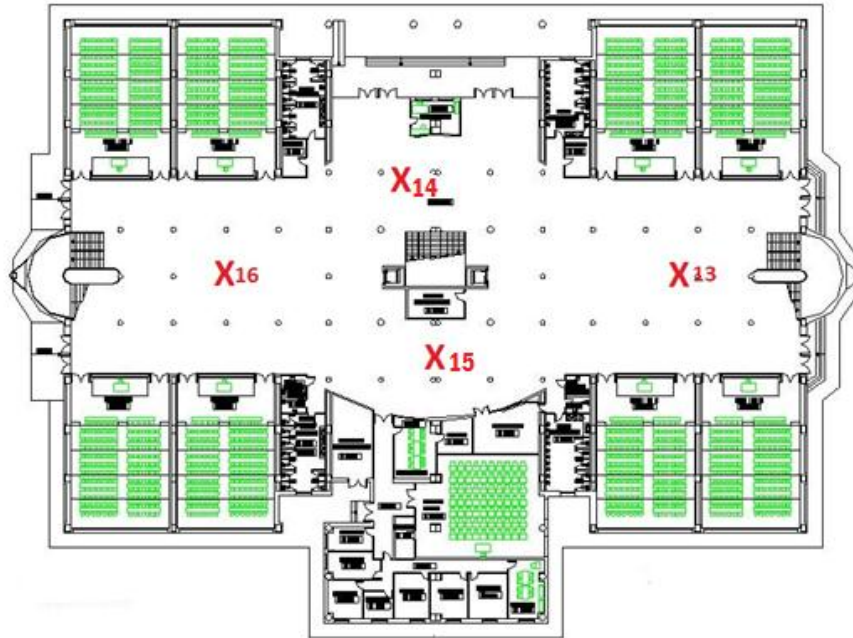


Imagen 13. Situación de las bases en el interior del edificio.

A continuación se muestra las visuales realizadas desde las bases de la poligonal, en el exterior e interior del edificio.



Imagen 14. Visuales desde las bases 1.



Imagen 15. Visuales desde las bases 10 y 4.



Imagen 16. Visuales desde las bases 10 y 4.



Imagen 17. Visuales desde la base 7.

2.2.2. Reseñas.

En las páginas siguientes se muestran las reseñas de las bases, en las cuales se describen cada una de ellas dentro y fuera del Edificio.



Vista panorámica desde la base 1

NOMBRE 1

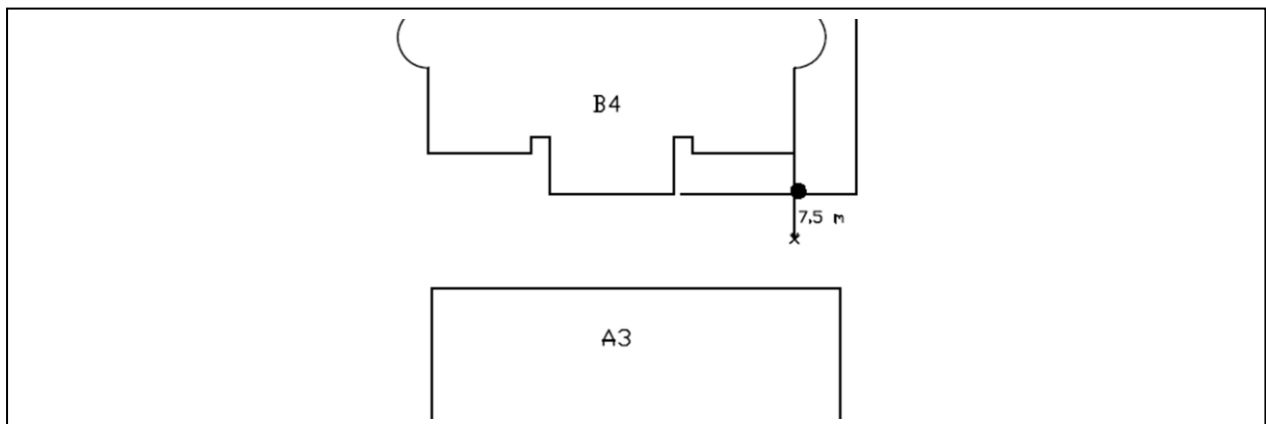
DESCRIPCIÓN

Señal materializada con un clavo.



SITUACIÓN

En la parte sureste del edificio B4, donde empieza la esquina sureste de éste dirección perpendicular al edificio A3 a 7,5 metros de la acera se sitúa en la junta de baldosas el punto 1.



Croquis Base 1

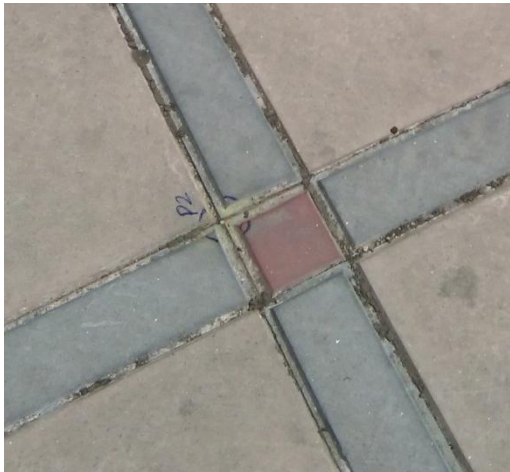


Vista panorámica desde la base 2

NOMBRE 2

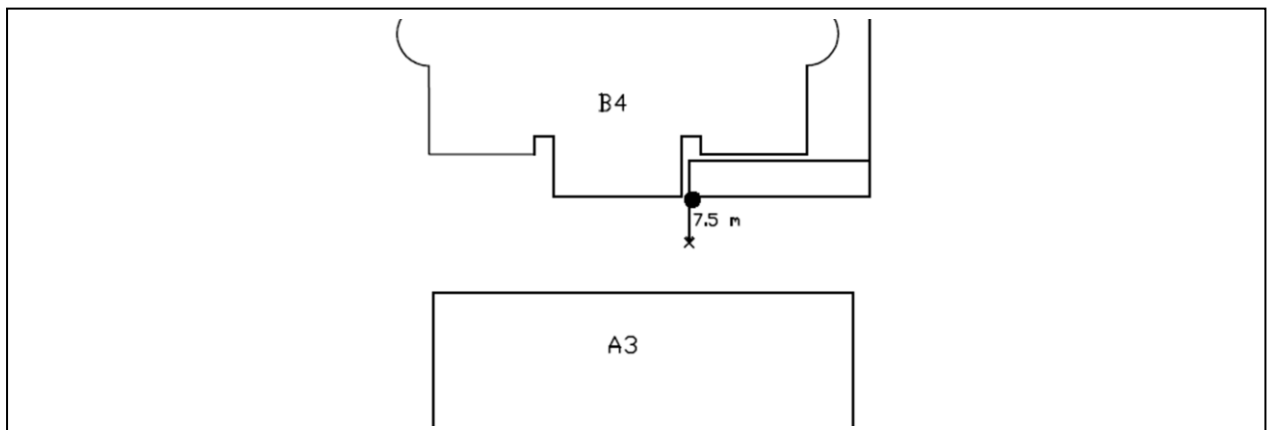
DESCRIPCIÓN

Señal materializada con un clavo.



SITUACIÓN

En la parte sur del edificio B4, frente la escalera de emergencia situada en el entrante derecho del edificio. Donde empieza la acera a 7,5 metros perpendicular al edificio A3 se sitúa en la junta de baldosas el punto 2.



Croquis Base 2



Vista panorámica desde la base 3

NOMBRE 3

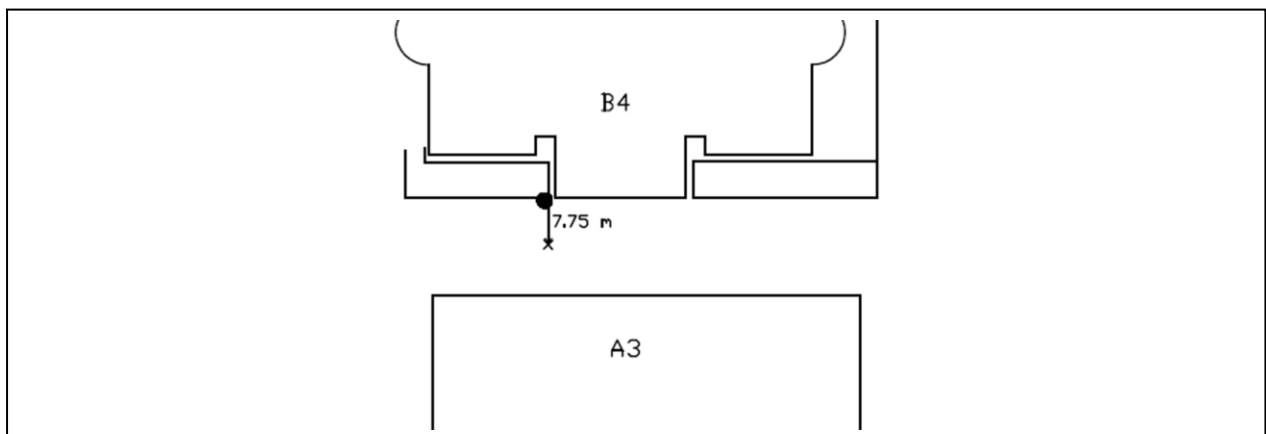
DESCRIPCIÓN

Señal materializada con un clavo.



SITUACIÓN

En la parte sur del edificio B4, frente al entrante izquierdo del edificio. Dirección perpendicular al A3 coincidiendo con la esquina de las escaleras de éste. Donde empieza la acera a 7,5 metros perpendicular al edificio A3 se sitúa en la junta de baldosas el punto 3.



Croquis Base 3



Vista panorámica desde la base 4

NOMBRE 4

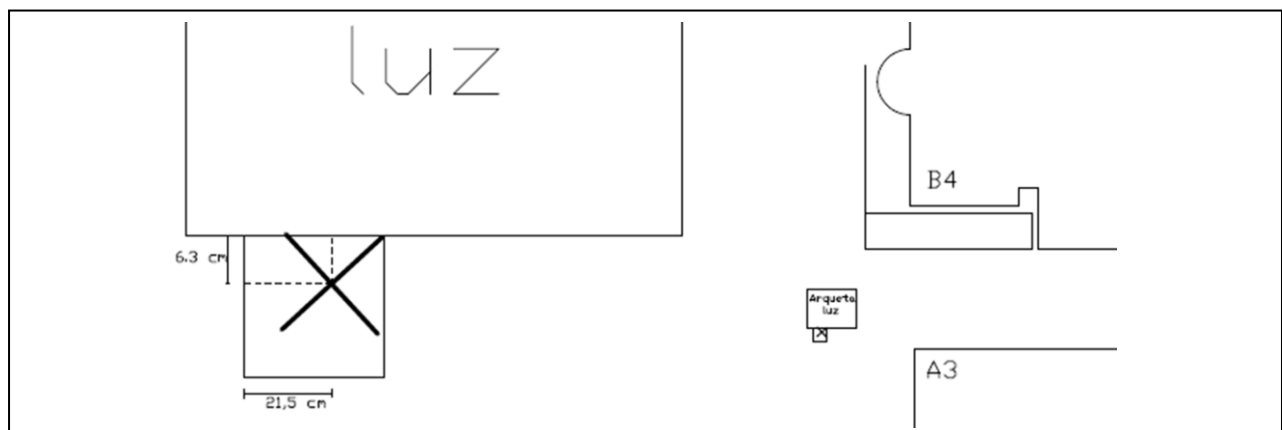
DESCRIPCIÓN

Señal materializada con rotulador permanente, dibujo en forma de cruz.



SITUACIÓN

En la parte suroeste del edificio B4, entre los edificios B4 y A3 hay una arqueta de luz. En la primera baldosa pegada a la esquina izquierda de la arqueta situado a 21,5 cm dirección norte y a 6,3 cm dirección oeste a la junta de baldosas se sitúa el punto 4.



Croquis Base 4



Vista panorámica desde la base 5

NOMBRE 5

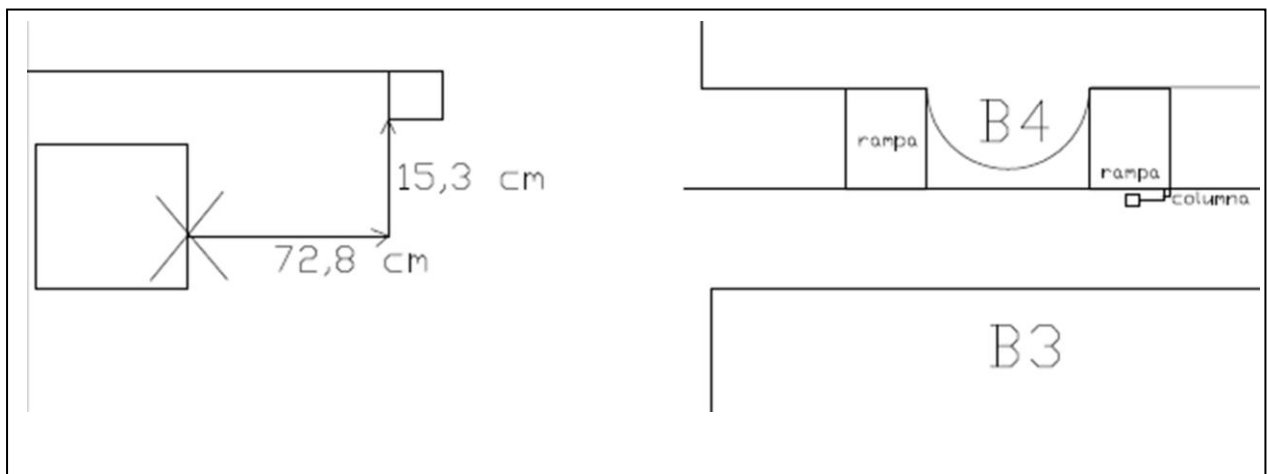
DESCRIPCIÓN

Señal materializada con un clavo.



SITUACIÓN

En la parte oeste del edificio, frente a la primera puerta auxiliar del edificio B4. Donde empieza la rampa hay una columna en la parte derecha, desde ahí dirección norte a 72,8 cm y a la izquierda 15,3 cm se sitúa en punto 5.



Croquis Base 5



Vista panorámica desde la base 6

NOMBRE 6

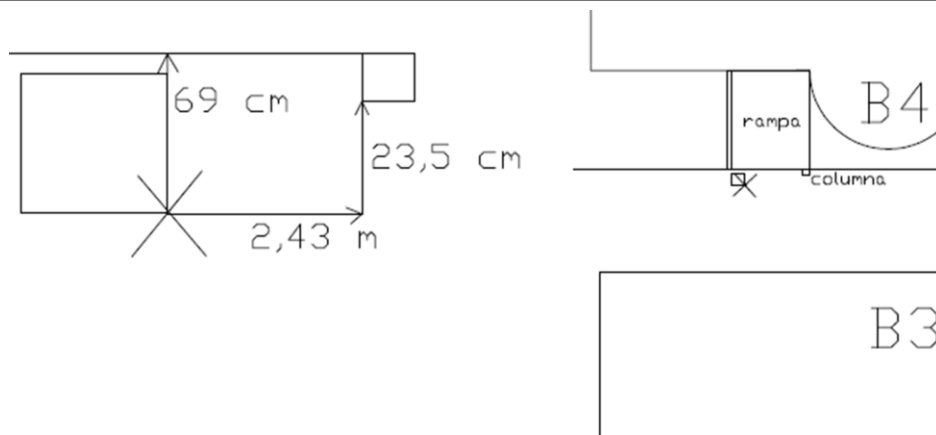
DESCRIPCIÓN

Señal materializada con un clavo.



SITUACIÓN

En la parte oeste del edificio, frente a la segunda puerta auxiliar del edificio B4. Donde empieza la rampa hay una columna en la parte derecha, desde ahí dirección norte a 2,43 m y a la izquierda 23,5 cm se sitúa en punto 6.



Croquis Base 6



Vista panorámica desde la base 7

NOMBRE 7

DESCRIPCIÓN

Señal materializada con rotulador permanente, dibujo en forma de cruz.



SITUACIÓN

En la parte noroeste del edificio, donde están las escaleras debajo del techado, entre las columnas que hay en las escaleras. A una distancia de la segunda columna de 66,2 cm dirección sur y dirección este a 38,8 cm de la columna se sitúa el punto 7.



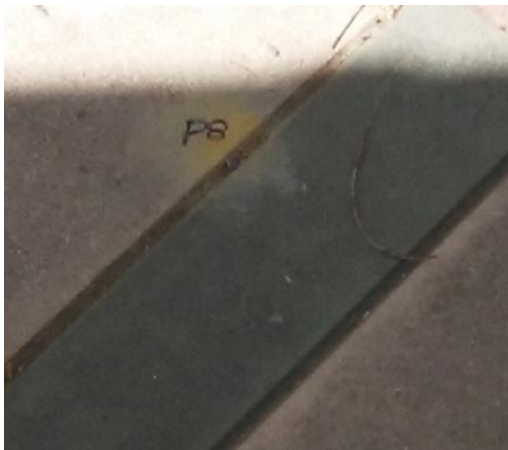


Vista panorámica desde la base 8

NOMBRE 8

DESCRIPCIÓN

Señal materializada con un clavo.



SITUACIÓN

En la parte norte del edificio, frente al entrante situado a la izquierda que hace el edificio en la fachada, en la esquina de éste que da a la puerta principal dirección perpendicular al edificio C3 a 7,75 m se sitúa en la junta de baldosas el punto 8.



Croquis Base 8



Vista panorámica desde la base 9

NOMBRE 9

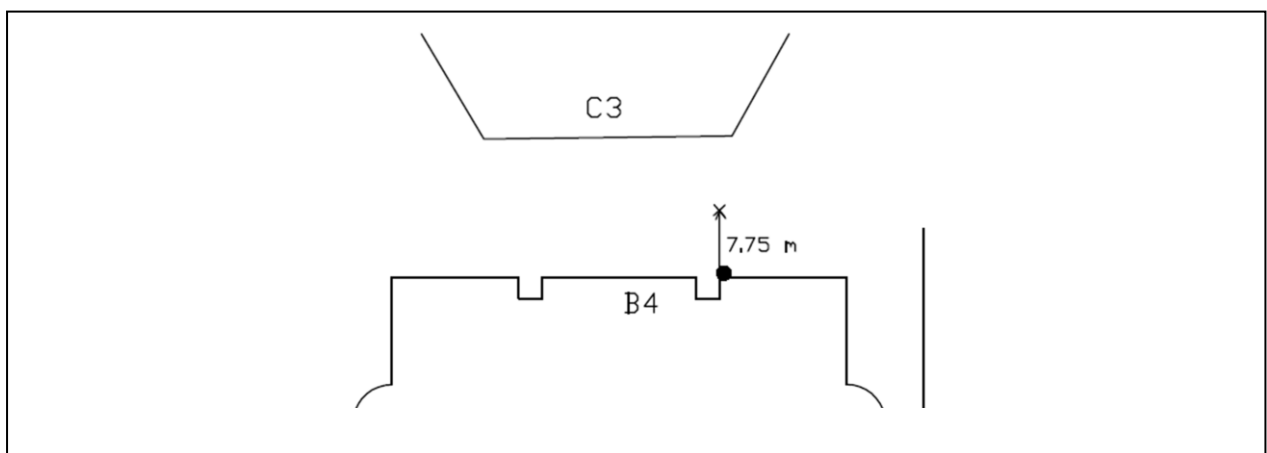
DESCRIPCIÓN

Señal materializada con un clavo.



SITUACIÓN

En la parte norte del edificio, frente al entrante situado a la derecha que hace el edificio en la fachada, en la esquina derecha de éste dirección perpendicular al edificio C3 a 7,75 m se sitúa en la junta de baldosas el punto 9.



Croquis Base 9

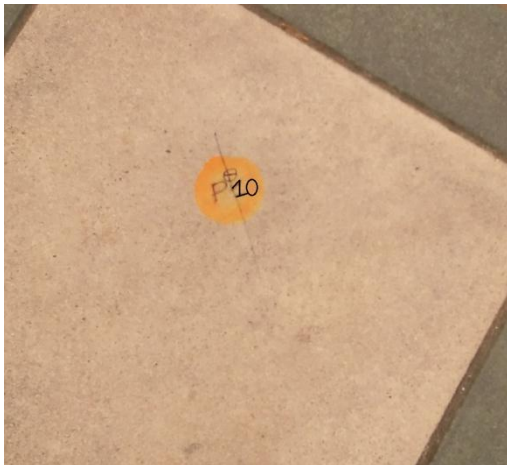


Vista panorámica desde la base 10

NOMBRE **BASE 10**

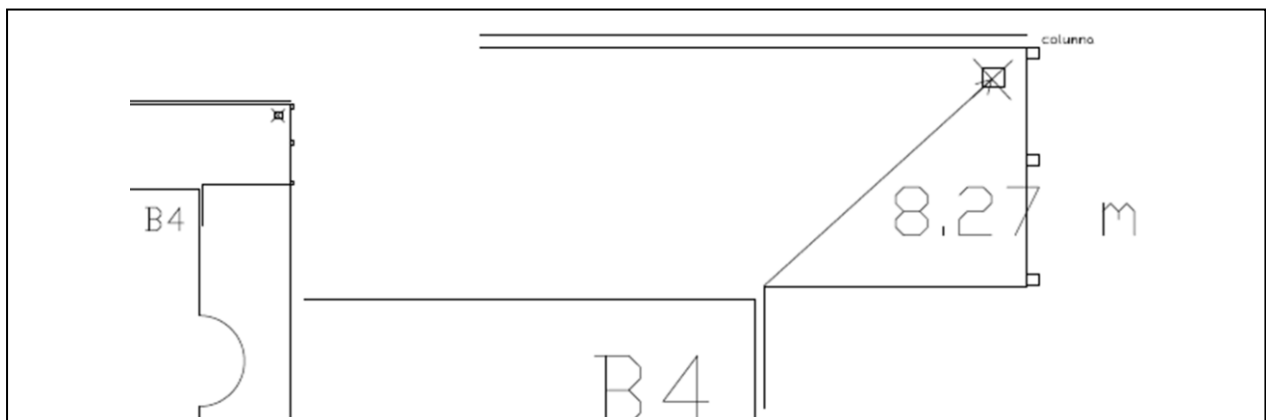
DESCRIPCIÓN

Señal materializada con rotulador permanente, dibujo en forma de cruz.



SITUACIÓN

En la parte noreste del edificio, debajo del techado. Justo en la intersección de la esquina del techado y la barandilla. En la primera columna dirección a la esquina de la acera del B4 la segunda baldosa a 8,27 m se sitúa el punto 10.



Croquis Base 10



Vista panorámica desde la base 11

NOMBRE **11**

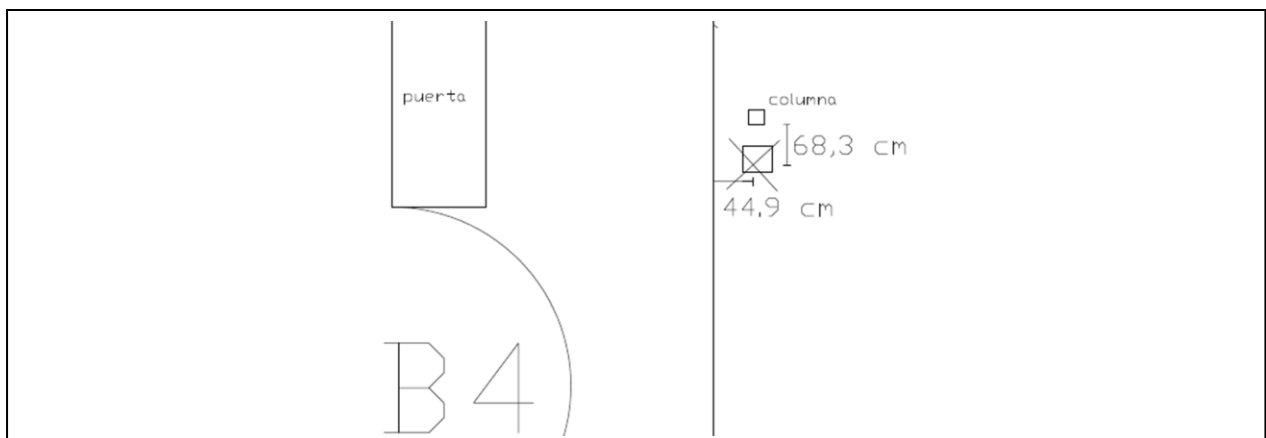
DESCRIPCIÓN

Señal materializada con rotulador permanente, dibujo en forma de cruz.



SITUACIÓN

En la parte este del edificio, frente a la segunda puerta auxiliar, en la esquina derecha dirección perpendicular al edificio B5 hay una columna, en la segunda baldosa dirección al a3 a 68,3 cm y a 44,9 de la acera dirección a la puerta auxiliar se sitúa el punto 11.



Croquis Base 11



Vista panorámica desde la base 12

NOMBRE **BASE 12**

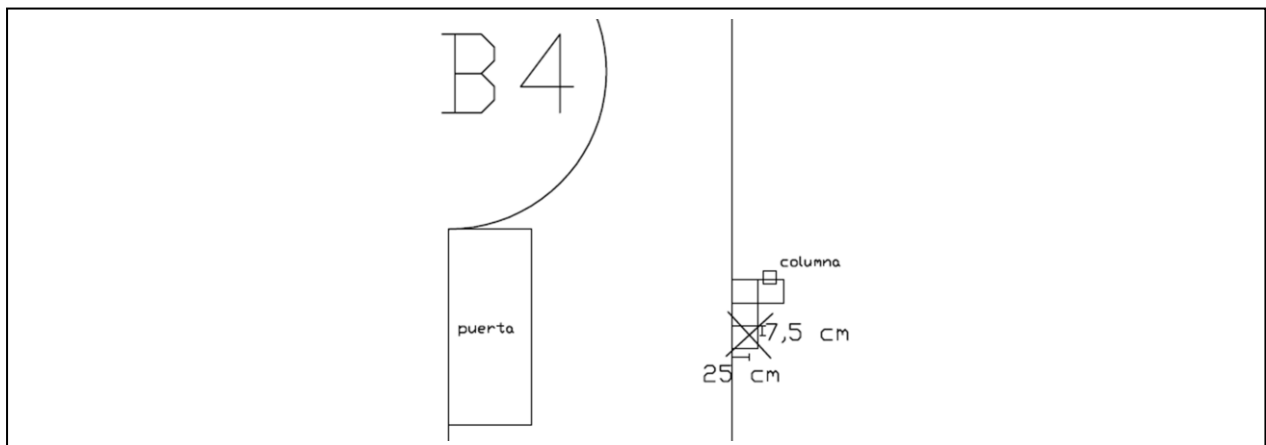
DESCRIPCIÓN

Señal materializada con rotulador permanente, dibujo en forma de cruz.



SITUACIÓN

En la parte este del edificio, frente a la primera puerta auxiliar, en la esquina derecha dirección perpendicular al edificio B5 hay una columna, en la tercera baldosa más cerca de la acera dirección al a3 a 25 cm de la acera dirección a la puerta auxiliar y a 7,5 cm dirección norte a la junta de baldosas se sitúa el punto 12.



Croquis Base 12



Vista panorámica desde la base 13

NOMBRE 13

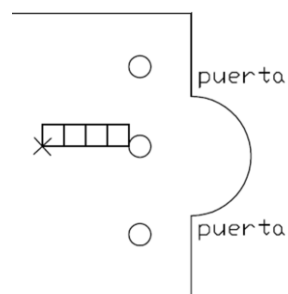
DESCRIPCIÓN

Señal materializada con una chincheta, con cruz.



SITUACIÓN

En el lateral del edificio dirección al este, debajo de una de las bóvedas. Justo en la segunda columna dirección al otro lateral a 1,20 metros en la junta de baldosas se sitúa la base 13.



Croquis Base 13



Vista panorámica desde la base 14

NOMBRE **14**

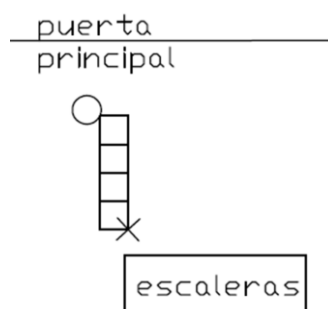
DESCRIPCIÓN

Señal materializada con una chincheta, con cruz.



SITUACIÓN

En la puerta de entrada principal, dentro del edificio la columna que está justo frente las escaleras, a 1,20 metro de la columna dirección a las escaleras en la junta de baldosas a 1 cm a la derecha está la base 14.



Croquis Base 14



Vista panorámica desde la base 15

NOMBRE 15

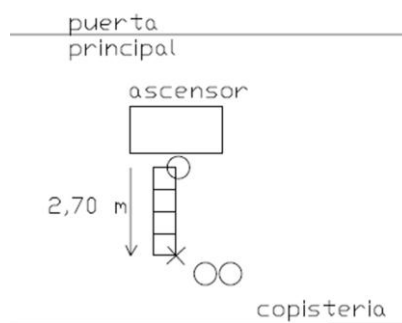
DESCRIPCIÓN

Señal materializada con una chincheta con cruz.



SITUACIÓN

Donde se sitúa la copistería , hay una pared perpendicular al ascensor. En esa misma pared al lado de las columnas que hay a 2,70 metros dirección la copistería en la junta de baldosas se encuentra la base 15.



Croquis Base 15



Vista panorámica desde la base 16

NOMBRE **16**

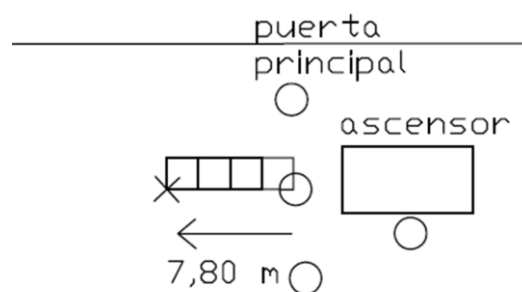
DESCRIPCIÓN

Señal materializada con una chincheta, con cruz.



SITUACIÓN

En el lateral del edificio dirección al oeste, debajo de una de las bóvedas. Justo donde está el ascensor dirección a las escaleras a 7,80 metros en la junta de baldosas se sitúa la base 16.



Croquis Base 16



2.2.3. Observaciones topográficas realizadas.

A continuación se muestran los datos de campo de la poligonal exterior, interior y enlace.

- Estadillos de campo del enlace exterior-interior:

EST	i [m]	PTO		m [m]	H [°]	V [°]	Dg [m]
5	1,520	7 orient	CD	1,300	99,8270	102,7790	42,681
			CI		299,8271	301,2630	42,681
		17	CD	1,300	176,4735	99,7125	25,157
			CI		376,4730	300,2915	25,154

EST	i [m]	PTO		m [m]	H [°]	V [°]	Dg [m]
13	1,489	11 orient	CD	1,300	100,1475	100,3890	45,028
			CI		300,1476	300,6020	45,029
		14	CD	1,300	35,1030	98,9720	22,616
			CI		235,1030	301,0240	22,619

- Estadillos de la poligonal exterior:

EST	i [m]	PTO		m [m]	H [°]	V [°]	Dg [m]
1	1,510	4	CD	1,300	0,0000	100,0645	88,292
		4	CI		199,9935	299,9285	88,295
		11	CD	1,300	101,2965	100,1640	73,882
		11	CI		301,2955	299,8355	73,883
11	1,509	1	CD	1,300	301,2955	100,1955	73,887
		1	CI		101,2945	299,8015	73,890
		7	CD	1,500	0,4860	101,0790	89,025
		7	CI		200,4860	298,9220	89,025
7	1,595	11	CD	1,300	200,4860	99,1490	89,013
		11	CI		0,4830	300,8525	89,018
		4	CD	1,300	300,6640	98,8915	74,553
		4	CI		100,6635	301,1110	74,554
4	1,462	7	CD	1,300	100,6635	101,5100	74,552
		7	CI		300,6625	298,4925	74,553
		1	CD	1,300	199,9970	100,2120	88,297
		1	CI		399,9975	299,7870	88,297



- Estadillos de la poligonal interior:

EST	i [m]	PTO		m [m]	H [°]	V [°]	Dg [m]
14	1,518	15	CD	1,300	18,7425	100,4470	30,942
	Orien		CI		218,7425	299,5490	30,945
	13	16	CD	1,300	381,0980	100,5085	26,853
	H=235.1030		CI		181,0985	299,4915	26,853

EST	i [m]	PTO		m [m]	H [°]	V [°]	Dg [m]
15	1,513	14 orient	CD	1,300	218,7425	100,4280	30,956
			CI		18,7430	299,5700	30,951
		17	CD	1,300	368,9810	100,7330	18,612
			CI		168,9810	299,2840	18,613

EST	i [m]	PTO		m [m]	H [°]	V [°]	Dg [m]
16	1,550	14 orient	CD	1,300	181,0985	100,4815	26,857
			CI		381,0970	299,5140	26,860
		17	CD	1,300	24,1210	100,5800	21,937
			CI		224,1190	299,4200	21,940

EST	i [m]	PTO		m [m]	H [°]	V [°]	Dg [m]
17	1,494	5 orient	CD	1,300	376,4730	101,3485	25,157
			CI		176,4695	300,0021	25,157
		15	CD	1,300	168,9680	100,6700	18,612
			CI		368,9645	299,3315	18,613
		16	CD	1,300	224,1255	100,5590	21,942
			CI		24,1260	299,4415	21,944

Los puntos intermedios 2, 3, 5, 6, 8, 9, 11 y 12 están tomados como radiaciones desde las bases principales de la poligonal. Se ha realizado así debido a que las incertidumbres aumentaban para poligonales de más vértices, por eso se estudió con antelación como reducir errores.

A continuación se muestran los estadillos desde las bases principales a las bases intermedias mediante la metodología elegida, radiación.



- Estadillos de puntos radiados:

EST	i [m]	PTO	m [m]	H CD [°]	H CI [°]	V CD [°]	V CI [°]	Dg prom [m]
1	1,510	2	1,300	399,5095	199,5100	100,6385	299,3590	28,696
		3	1,300	399,6960	199,6920	100,3270	299,6715	55,833
		13	1,300	103,0825	303,0780	100,5820	299,4190	28,872
		12	1,300	102,2090	302,2070	100,3465	299,6485	49,087

EST	i [m]	PTO	m [m]	H CD [°]	H CI [°]	V CD [°]	V CI [°]	Dg prom[m]
11	1,509	13	1,300	300,1495	100,1475	100,3895	299,6090	45,028
		12	1,300	299,4890	99,4870	100,7240	299,2720	14,812
		10	1,300	0,5475	200,5475	100,4960	299,5020	30,105
		8	1,300	0,5485	200,5485	100,2230	299,7740	57,479

EST	i [m]	PTO	m [m]	H CD [°]	H CI [°]	V CD [°]	V CI [°]	Dg prom[m]
7	1,595	10	1,300	200,4485	0,4465	98,7405	301,2590	58,909
		8	1,300	200,3605	0,3600	97,5825	302,4200	31,534
		6	1,300	299,9445	99,9450	97,2690	302,7305	23,455
		5	1,300	299,8285	99,8270	98,0050	301,9990	42,686

EST	i [m]	PTO	m [m]	H CD [°]	H CI [°]	V CD [°]	V CI [°]	Dg prom [m]
4	1,462	6	1,300	100,9920	300,9920	100,5735	299,4265	51,098
		5	1,300	101,7820	301,7825	100,2500	299,7530	31,876
		3	1,300	200,5100	0,5100	100,7050	299,2945	32,466
		2	1,300	200,2275	0,2275	100,3900	299,6065	59,596

2.2.4. Toma de datos de escáner láser 3D

A continuación se detallan los escaneos que se realizan durante el presente trabajo, distinguiéndose en los escaneos orientados o libres.

Las campañas de medición se realizaron a mediados de julio, octubre y noviembre de 2015. Debido a las características del edificio y su alrededores (árboles, estructuras y personas) fue difícil el escaneado completo del edificio ya que quedaban numerosas partes ocultas que se completan con escaneos parciales.



2.2.4.1. Exterior del edificio.

En el exterior del edificio se realizan 12 escaneos orientados mediante diana, que corresponden a los escaneos desde las bases implantadas.

Estación	Orientación	Nº Nube de Puntos	Resolución (mm/m)
1	4	70692	0,005/ 25
2	4	443752	
3	4	505932	
4	7	113156	
5	7	556165	
6	7	660219	
7	10	163291	
8	10	615684	
9	10	594393	
10	1	203610	
11	1	591796	
12	1	702559	

Al quedar muchas zonas ocultas se realiza otra serie de escaneos libres, un total de 15:

Estación	Nº Nube de Puntos	Resolución (mm/m)
E1	27410	0,005/25
E2	168761	
E3	20428	
E4	51627	
E5	17150	
E6	24951	
E7	28033	
E8	12991	
E9	23607	
E10	34066	
E11	194659	
E12	29589	
E13	5395	
E14	51961	



2.2.4.2. Interior del edificio.

- Planta baja

Estación	Orientación	Nº Nube de Puntos	Resolución (mm/m)
13	14	3566659	0,005/ 25
14	13	3678687	
15	16	3685087	
16	15	3524155	

Estación	Nº Nube de Puntos	Resolución (mm/m)
E15	1742549	0,005/25
Esc8	79160	
Esc9	374608	
Esc10	306095	
Esc11	186859	
Esc12	301951	
Esc13	563595	
Esc14	571835	

- Planta Primera

Estación	Nº Nube de Puntos	Resolución (mm/m)
Scan4	1316614	0,005/25
Scan5	1328634	
Scan6	1319106	
E25	95661	
E26	134073	
E27	1621764	
E28	467935	
E29	1347622	

- Planta Segunda

Estación	Nº Nube de Puntos	Resolución (mm/m)
E16	524310	0,005/25
E17	616849	
E18	575793	
E19	596411	
E20	1158475	
E21	1116487	
E22	1619318	
E23	474407	

E24	1196177	0,005/25
Esc1	37875	
Esc2	660498	
Esc3	153987	
Esc4	220525	
Esc5	35682	
Esc6	244557	
Esc7	80984	
Scan 1	1328679	
Scan 2	1327201	
Scan 3	1328358	

2.2.5. Visualización de la toma de datos de escaneos.

A continuación se muestra algunas imágenes de la toma de escaneos dentro y fuera del edificio B4.



Imagen 19. Estación en base 6, escaneando diana en base 7.



Imagen 20. Estación en base11, fachada lateral B4.



Imagen 21. Estación en base15, orientando a base 16.



Imagen 22. Escaneado de la segunda planta.



2.3. ANEJO III: Desarrollo de los trabajos de gabinete

2.3.1. Programas informáticos utilizados

En gabinete, se utiliza “PROTOCOL” para la compensación de la poligonal exterior e interior, la realización de volcado de datos de escáner se lleva a cabo gracias al software “CYCLONE” (Leica), para la fusión de las nubes de puntos utiliza “MAPTEK I-SITE” y para el modelado del edificio “REVIT ARCHITECTURE” (Autodesk).

A continuación se especifican las características de valor que poseen los programas específicos utilizados.

2.3.1.1. PROTOCOL.

La herramienta Web ProToCal es una aplicación WEB nacida a partir de la iniciativa de varios profesores de la Universidad de Jaén a través de un proyecto de innovación docente de la convocatoria 2007/2008 realizada por el Vicerrectorado de Ordenación Académica, Innovación Docente y Profesorado, y que tuvo por título "Creación de un entorno web de apoyo a la resolución de problemas topográfico-geodésicos en las asignaturas de Topometría y Proyectos Fin de Carrera". Contenido:

Topografía Básica:

- Cálculo de coordenadas polares: azimut y distancia reducida.
- Cálculo de coordenadas rectangulares.
- Cálculo de desniveles.
- Cálculo de superficies por coordenadas (3-10 puntos).
- Poligonales abiertas y cerradas (3-10 puntos).



- Cálculo de nivelación geométrica (4-20 puntos).
- Cálculo de intersección inversa.

Topografía aplicada:

- Alineaciones rectas.
- Circulares.
- Clotoides.
- Acuerdos verticales.

Transformaciones:

- Transformación de coordenadas bidimensional (2D) rígida (4 parámetros sin factor de escala).
- Transformación de coordenadas bidimensional (2D) conforme (4 parámetros con factor de escala).
- Transformación de coordenadas bidimensional (2D) afín (6 parámetros).
- Transformación de coordenadas bidimensional (2D) polinómica (12 parámetros).
- Transformación de coordenadas bidimensional (2D) proyectiva (8 parámetros).

Fotogrametría:

- Proyecto de vuelo.
- Determinación de altitudes a partir de la paralaje.
- Determinación del centro fiducial.



2.3.1.2. LEICA CYCLONE

Leica Cyclone es un programa por módulos que proporciona a los usuarios el más amplio conjunto de opciones para procesar trabajos de láser escáner 3D en proyectos de ingeniería, estudios topográficos, construcción, etc.

Las nubes de puntos 3D representan una de sus principales ventajas sobre otras fuentes de información geométrica. El objetivo de Cyclone es proporcionar el mayor rendimiento para los proyectos de láser escáner. El programa hace que sea fácil para los usuarios administrar los datos de manera eficiente en las bases de datos. Los usuarios pueden trabajar al mismo tiempo en las bases de datos, reduciendo así la necesidad de copiar y/o transmitir los archivos de proyecto con grandes nubes de puntos.

Los módulos existentes actualmente son:

- **Cyclone-SCAN:** Es la interfaz de software para controlar el escáner.
- **Cyclone-REGISTER:** Posibilita la alineación de las nubes de puntos escaneadas desde distintas posiciones. Soporta el uso de las dianas para georreferenciación de los datos escaneados.
- **Cyclone-MODEL:** Permite transformar la nube de punto directamente en objetos sólidos y exportarlos a CAD.
- **Cyclone-SURVEY:** Extracción rápida de las características principales y coordina la información de las nubes de puntos.
- **Cyclone-VIEWER Pro:** Facilita la visualización completa y la medición de los datos de Cyclone, sin la licencia completa de Cyclone.
- **Cyclone-SERVER:** Posibilita a los miembros de un grupo de trabajo a tener acceso al mismo tiempo al conjunto de datos de las nubes de puntos 3D y/o modelos.
- **Leica TruView y Cyclone PUBLISHER:** Publica nubes de puntos por internet, basándose en el intercambio y la visualización, y permitiendo el acceso desde cualquier lugar del mundo.



- **Cyclone-IMPORTER:** Ofrece la importación directa de los ficheros originales de escáneres de otros fabricantes.

En el caso particular del presente trabajo se utiliza para la visualización y exportación de las nubes de puntos.

2.3.1.3. MAPTEK I-SITE

El software Maptek I-Site Studio es un paquete de procesamiento de nubes de puntos. Diseñado para aplicaciones mineras, civiles, geológicas y otras de levantamiento, I-Site Studio tiene una serie de funciones y herramientas potentes para convertir rápidamente conjuntos de datos detallados en resultados útiles.

Cuenta con opciones generales y específicas de Registro, Exportación e Importación de datos, Opciones de Filtros, CAD, Modelado y Cálculos de volúmenes. Gestiona con un nivel de detalle sobre nubes de puntos extensas y superficies, para una carga rápida y visualización.

Trabaja con múltiples formatos de datos CAD, formatos de visualización y modelado incluyendo DXF, DWG, CSV, 3DP, ZFS, las, E57 y PTX.

En el caso particular del presente trabajo Maptek I-Site Studio se ha utilizado para la fusión de las nubes de puntos, filtrado y exportación en formato “.txt” para el posterior procesado en Revit.

2.3.1.4. AUTODESK REVIT ARCHITECTURE.

Autodesk Revit es un software de Modelado de información de construcción (BIM, Building Information Modeling), desarrollado actualmente por Autodesk.

El software realiza diseños arquitectónicos con mayor calidad y precisión. Ayuda a captar y analizar con precisión los conceptos y a conservar su visión durante las fases de diseño, documentación y construcción. Características del software:



- **Componentes de diseño y construcción:** El programa cuenta con herramientas para diseñar el edificio desde su conceptualización hasta la planimetría de la construcción. Esto abarca detalles en muros, pisos, cielos y cubiertas, incluyendo los muros cortina. Además, permite realizar un estudio volumétrico mediante masas, calcular áreas por pisos y experimentar con texturas, materiales y colores.
- **Sombras Vectoriales:** Al realizar cualquier cambio en la estructura, orientación y otros detalles que modifiquen la disposición de elementos frente a la luz, las sombras se ajustan inmediatamente, permitiendo visualizar el efecto de los cambios en la iluminación.
- **Perspectivas seccionales:** Permite analizar todos los ángulos del edificio desde distintas perspectivas y en distintas secciones, incluyendo vistas con líneas ocultas, sombras y siluetas.
- **Modelo de proyecto integrado:** Posee un conjunto de herramientas para coordinar las distintas áreas del proyecto.
- **Modelado de terreno y exteriores:** Permite diseñar el edificio tomando en cuenta el contexto exterior, ofrece una biblioteca con vegetación y otros elementos, como la maquinaria de construcción.
- **Presentación y visualización:** Cuenta con renderización integrada que incluye puertas, ventanas y tragaluces en sus cálculos para simular las condiciones de luz natural, entre varias otras funciones.

2.3.2. Procesado de los datos

Una vez tomados los datos de campo, se procede a calcular unas coordenadas aproximadas para las bases implantadas de la poligonal, se compensa mediante el programa ProtoCal. En primer lugar se calcula la poligonal exterior, cuyos datos se muestran a continuación:



⇒Azimutes:
Azimut 1-2: 399.9968g.
Azimut 2-3: 100.6625g.
Azimut 3-4: 200.4832g.
Azimut 4-1: 301.2922g.

⇒Cierre angular: **-0.00381 g. Compensación: 0.0009g**

⇒Azimutes compensados y distancias promediadas:
Azimut 1-2: 399.9978g. Distancia promediada 1-2: 88.295m
Azimut 2-3: 100.6644g. Distancia promediada 2-3: 74.537m
Azimut 3-4: 200.4861g. Distancia promediada 3-4: 89.01m
Azimut 4-1: 301.296g. Distancia promediada 4-1: 73.886m

⇒Coordenadas:
x1= 1000m. y1= 2000m. z1= 500m
x2= 999.997m. y2= 2088.295m. z2= 500.124m
x3= 1074.53m. y3= 2087.517m. z3= 498.525m
x4= 1073.851m. y4= 1998.51m. z4= 500.017m

⇒Cierre de coordenadas: **ex= -0.02m. ey= 0.014m. ez= -0.002m**

⇒Coordenadas compensadas:
x1= 1000m. y1= 2000m. z1= 500m
x2= 1000.002m. y2= 2088.291m. z2= 500.125m
x3= 1074.54m. y3= 2087.51m. z3= 498.526m
x4= 1073.866m. y4= 1998.499m. z4= 500.019m

Imagen 23. Captura de ProtoCal de los cálculos poligonal exterior.

Posteriormente se calculan los puntos intermedios del exterior, siendo así las coordenadas las siguientes:

Punto	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	1000	2000	500
2	999,779	2028,694	499,922
3	999,733	2055,832	499,923
4	1000,002	2088,291	500,125
5	1031,865	2087,399	500,163
6	1051,092	2087,495	499,827
7	1074,540	2087,510	498,526
8	1074,361	2055,999	501,019
9	1074,125	2028,614	500,986
10	1073,866	1998,499	500,019
11	1059,055	1998,380	500,059
12	1028,839	1998,604	499,952



Seguidamente se calcula la poligonal interior, ésta está enlazada desde el punto 5 y 13 del exterior. Dádo cordenadas al punto 14 desde el punto 13, se calcula la poligonal interior:

⇒Azimutes:
Azimut 1-2: 381.0994g.
Azimut 2-3: 24.1216g.
Azimut 3-4: 168.9621g.
Azimut 4-1: 218.7239g.

⇒Cierre angular: **-0.01971 g.** Compensación: **0.0049g**

⇒Azimutes compensados y distancias promediadas:
Azimut 1-2: 381.1043g. Distancia promediada 1-2: 26.855m
Azimut 2-3: 24.1315g. Distancia promediada 2-3: 21.94m
Azimut 3-4: 168.9769g. Distancia promediada 3-4: 18.612m
Azimut 4-1: 218.7436g. Distancia promediada 4-1: 30.948m

⇒Coordenadas:
x1= 1040.687m. y1= 2017.866m. z1= 500.505m
x2= 1032.833m. y2= 2043.547m. z2= 500.484m
x3= 1040.951m. y3= 2063.93m. z3= 500.508m
x4= 1049.666m. y4= 2047.484m. z4= 500.507m

⇒Cierre de coordenadas: **ex= -0.001m. ey= 0.002m. ez= 0.004m**

⇒Coordenadas compensadas:
x1= 1040.687m. y1= 2017.866m. z1= 500.505m
x2= 1032.833m. y2= 2043.546m. z2= 500.483m
x3= 1040.952m. y3= 2063.929m. z3= 500.506m
x4= 1049.667m. y4= 2047.483m. z4= 500.504m

Imagen 24. Captura de ProtoCal de los cálculos poligonal interior.

Punto	X (m)	Y (m)	Z (m)
13	1040,687	2017,866	500,505
14	1049,667	2047,483	500,504
15	1032,833	2043,546	500,483
16	1040,952	2063,929	500,506

Desde el punto 5 se comprueba las coordenadas del punto 16:

Punto	X (m)	Y (m)	Z (m)
16	1040,951	2063,942	500,497

Siendo el error en la coordenada 16 de:

Punto	eX (m)	eY (m)	eZ (m)
16	0,001	0,013	0,009

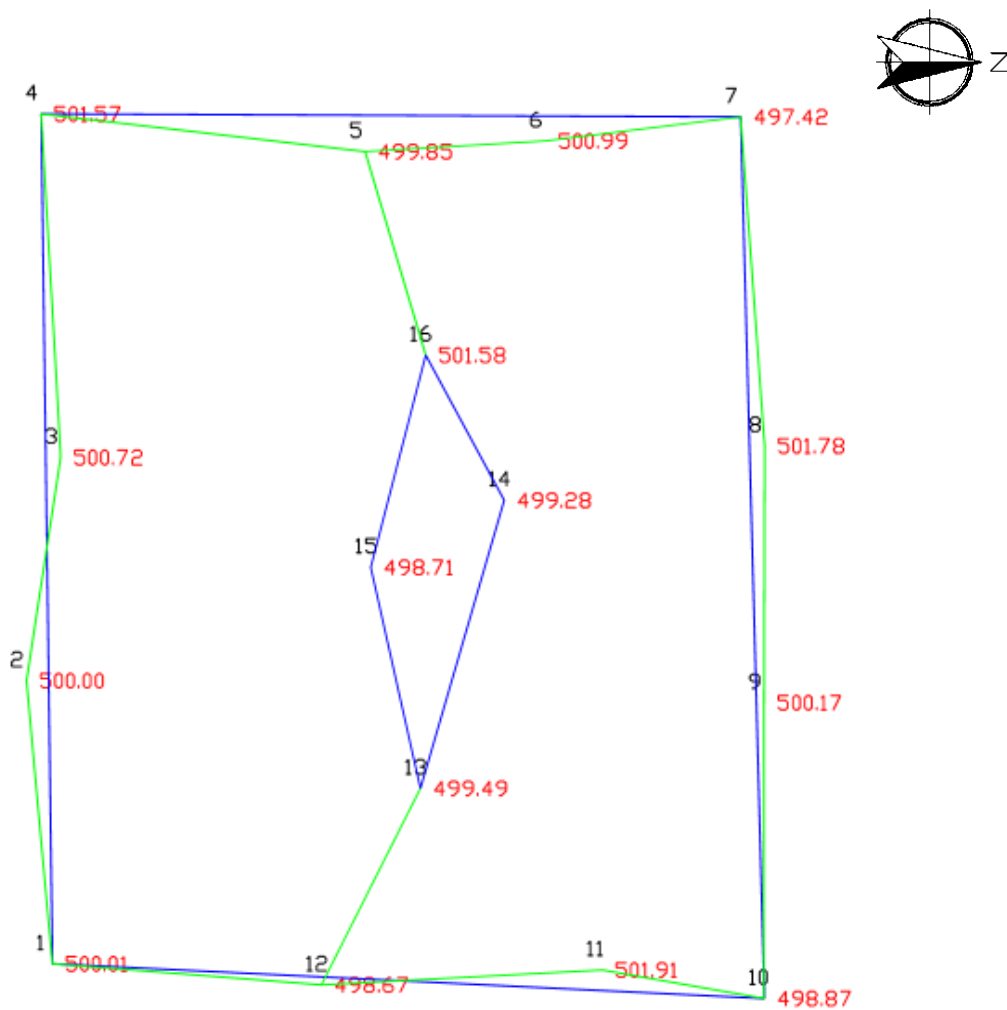


Imagen 25. Situación de las bases.

2.3.3. Procesado de datos, Cyclone – MapTek I-Site.

Una vez realizados todos los escaneos con el escáner láser C10, los archivos que aparecen tienen una extensión “.imp”. El programa Cyclone permite importar datos brutos que provienen de alguno de los escáneres de Leica.

Para importar los datos es necesario crear una base de datos o hacer uso de una ya existente.

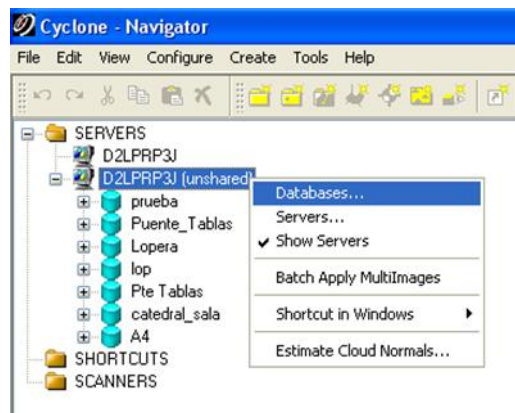


Image 26. Captura Leica Cyclone para la creación de una base de datos.

Leica Cyclone da la opción de exportar en los formatos de .PTX , .PTS, .TXT, .XYZ y .DXF . El elegido en este trabajo ha sido .PTX, este tipo de formato Contiene información X,Y,Z, I,R,G,B de cada uno de los puntos exportados. Estando la intensidad dentro de valores normalizados.

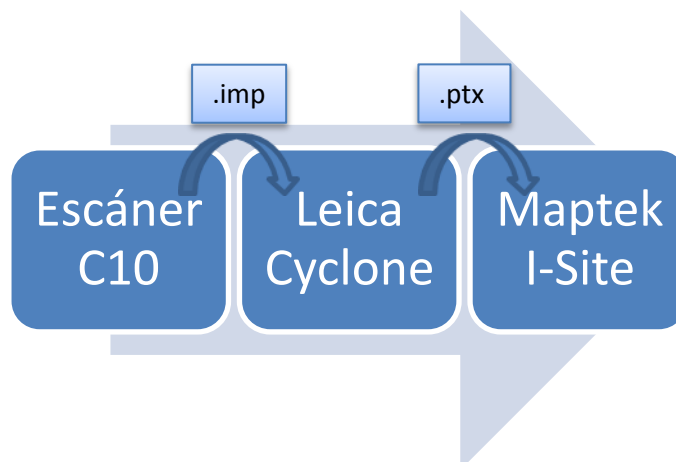


Imagen 27. Esquema intercambio de tipo de fichero.

2.3.4. Fusión nube de puntos.

Hay puntos que están orientados por la orientación en campo con las dianas, esos puntos son puntos escaneados desde las bases del interior y exterior del edificio.

A continuación se muestra una imagen de los escaneos orientados:

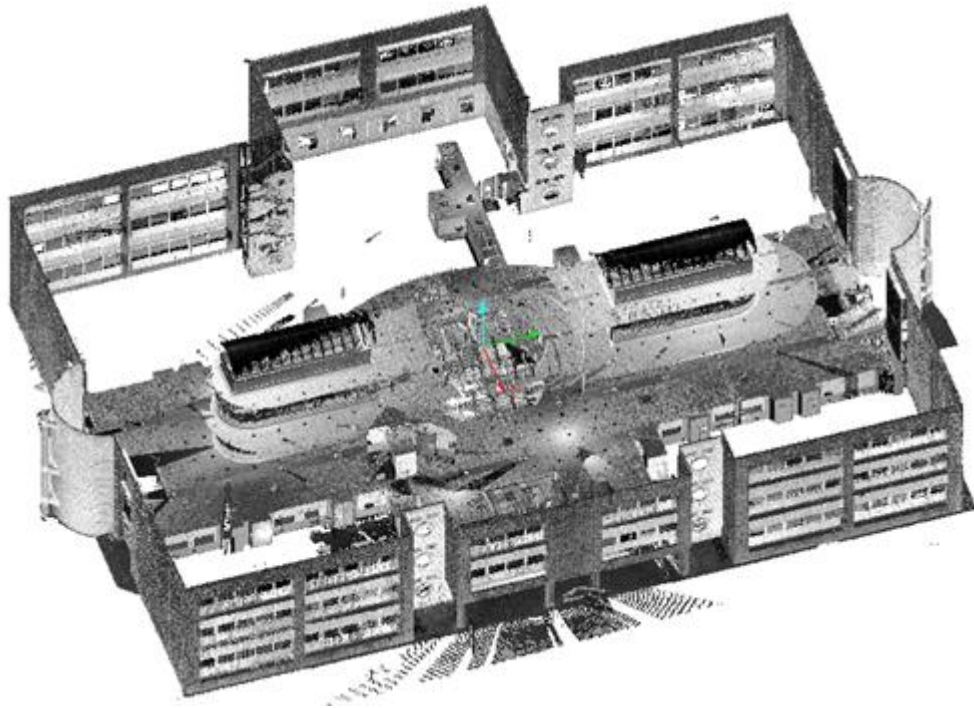


Imagen 28. Escaneos orientados en MapTek I-Site (Exterior y planta baja).

Como se puede apreciar quedan muchas zonas ocultas debido a los árboles, la incidencia de la luz del sol que el láser no capta bien y otros objetos. Por ello se opta por la toma de escaneos libres alrededor del edificio, una vez resuelto los problemas de las zonas ocultas el edificio queda completo para su posterior modelado.

Para la fusión se utiliza las herramientas de translación y rotación. Estas funciones se realizan a partir de otras nubes de puntos que ya estén orientadas. Se selecciona para que no haya acumulación de errores, además se tiene en cuenta los puntos en común de los escaneos ya georreferenciados.

Los escaneos se realizan por plantas, la nube de puntos fusionada de la planta baja con 12 escaneos, 4 orientados y 8 de estacionamiento libre con un total de número de puntos de 4.729.062.

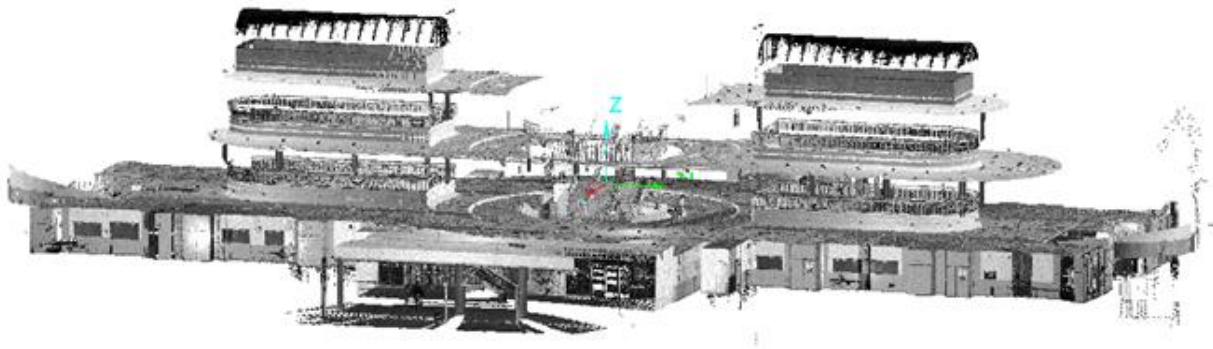


Imagen 29. Escaneos de la Planta baja B4.

La primera planta consta de 8 escaneos libres, con un total de puntos de 8.649.503.

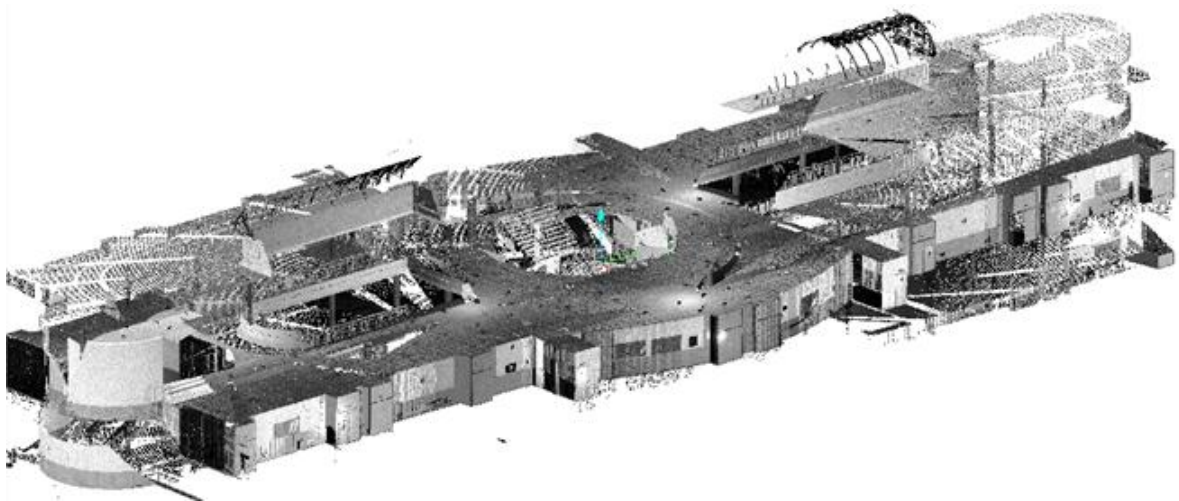


Imagen 30. Escaneos de la Planta primera B4.

La segunda y última planta consta de 19 escaneos libres con un total de 13.215.906 puntos.



Imagen 31. Escaneos de la Planta segunda B4.

Una vez fusionadas todas las plantas teniendo el exterior del edificio un número de puntos de 8.116.614 con 12 escaneos orientados y 15 libres, el edificio completo tras la fusión en Maptek I-Site genera un error medio de 0,03 m en el edificio completo.

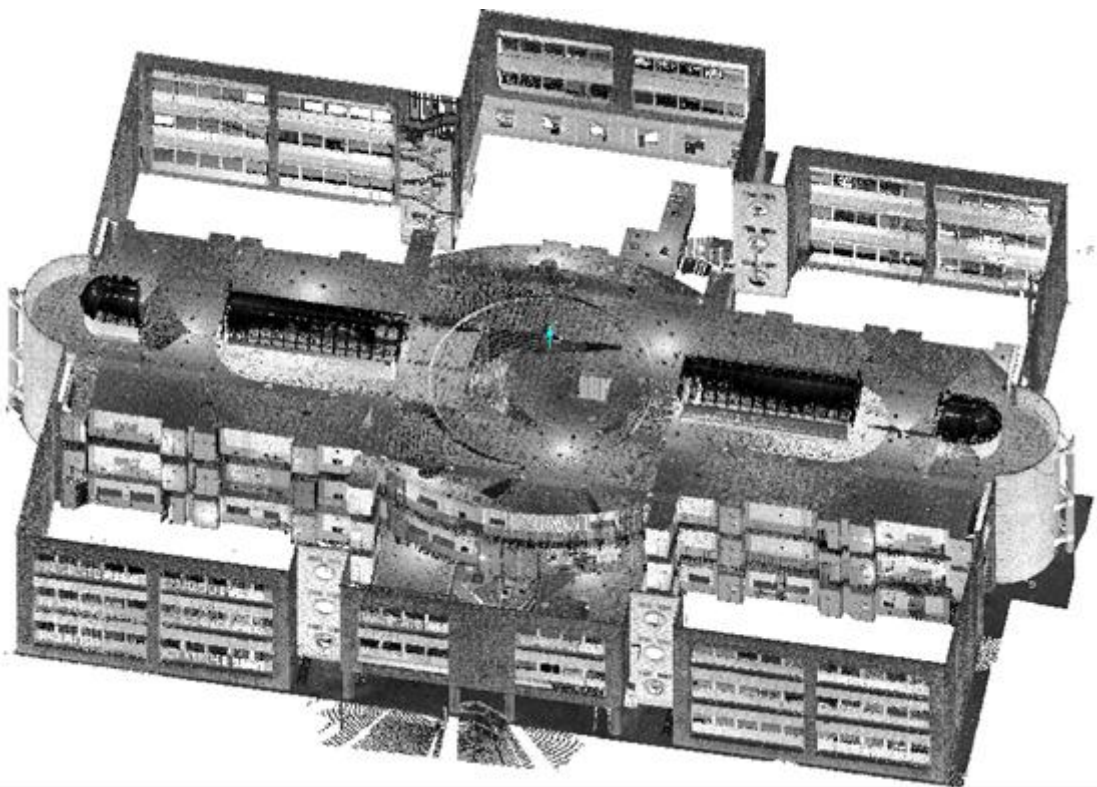


Imagen 32. Escaneos edificio completo B4.



A continuación se muestra un resumen de todos los datos de los escaneos ya procesados:

	Nº Escaneos	Nº Puntos
Planta Baja	12	4.729.062
Planta Primera	8	8.649.503
Planta Segunda	19	13.215.906
Exterior	27	8.116.614
TOTAL	66	34.711.085

2.3.5. Exportación MapTek I-Site – Revit architecture

Fusionadas ya las nubes de puntos y realizados los filtrados, en las partes con más números de puntos se realiza un filtrado de separación de 0,05 m, los escaneos deben de exportarse en formato .TXT para que Revit los reconozca.

El software Revit importar la nube de puntos requerida al proyecto, automáticamente abre una pestaña para cambiar automáticamente el formato del archivo .PTX por .PTS o .RCS , cualquier de los dos archivos es aceptado en Revit.

2.3.6. Edición Revit architecture.

Una vez cargada la nube de puntos se puede realizar operaciones antes de proceder a crear el modelo de la planta, Revit es un software con asociatividad bidireccional, al realizar un cambio de diseño en cualquier punto, el modelo se actualiza automáticamente en todo el proyecto.

Pasos a seguir en el modelado:



- Alinear la nube de puntos en una dirección principal (si no hubiese coordenadas terreno).
- Alinear el plano horizontal (por si hubo problema con la fusión de las diferentes nubes).
- Situar correctamente los puntos relativos a los planos de alzado.
- Situar correctamente los niveles.
- Reajustar el tamaño de los alzados o de los planos de plantas.
- Ajustar los elementos ocultos en cada vista (por si la nube de puntos intercepta la superficie topográfica).

En la creación del modelo del edificio el primer paso es la creación de las paredes, es importante fijar si es cara interior o exterior el acabado. Las paredes deben de ser continuas, los elementos interceptados, al ser paramétricos cortarían luego dichas paredes. Con Revit, los muros están formados por capas de materiales, a las cuales se le pueden asignar funciones, permitiendo así unirse e interactuar con otras capas similares del modelo, cuando existen encuentros de muros, suelos y cubiertas. El núcleo del muro es una capa especial, ya que el programa la identifica como algo más que la capa de un material. Este núcleo de muro determina el comportamiento de dicho muro y entre otras cosas, en la forma que el mismo tiene para interactuar con otros elementos del modelo.

En segundo lugar se inserta un suelo al nivel que se haya elegido. Se seleccionan los muros con el ratón, de forma que se genera una línea de boceto, que define la forma del suelo, la cual indica la posición del suelo respecto al muro: en el borde exterior del núcleo del muro, se puede modificar el tipo y material de suelo.

Una vez realizadas las funciones esenciales, se crean elementos como puertas, ventanas, columnas, escaleras, cierres acristalados, cubiertas, barandillas, rampas etc. Puede crear, editar y compartir bibliotecas de detalles, o bien recurrir a la amplia biblioteca integrada; por ejemplo las puertas son elementos arquitectónicos que se pueden modificar altura, anchura, diseño, etc.

El programa también consta de herramientas de renderización que permiten transmitir el diseño con mayor nitidez, es decir los diseños tienen más detalles y exactitud. Su finalidad es crear un modelo virtual, es decir un conjunto de elementos geométricos que interpretan o pretenden simular un elemento real.



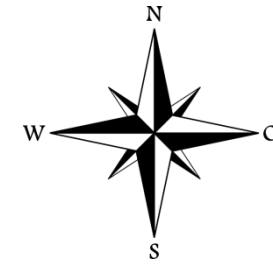
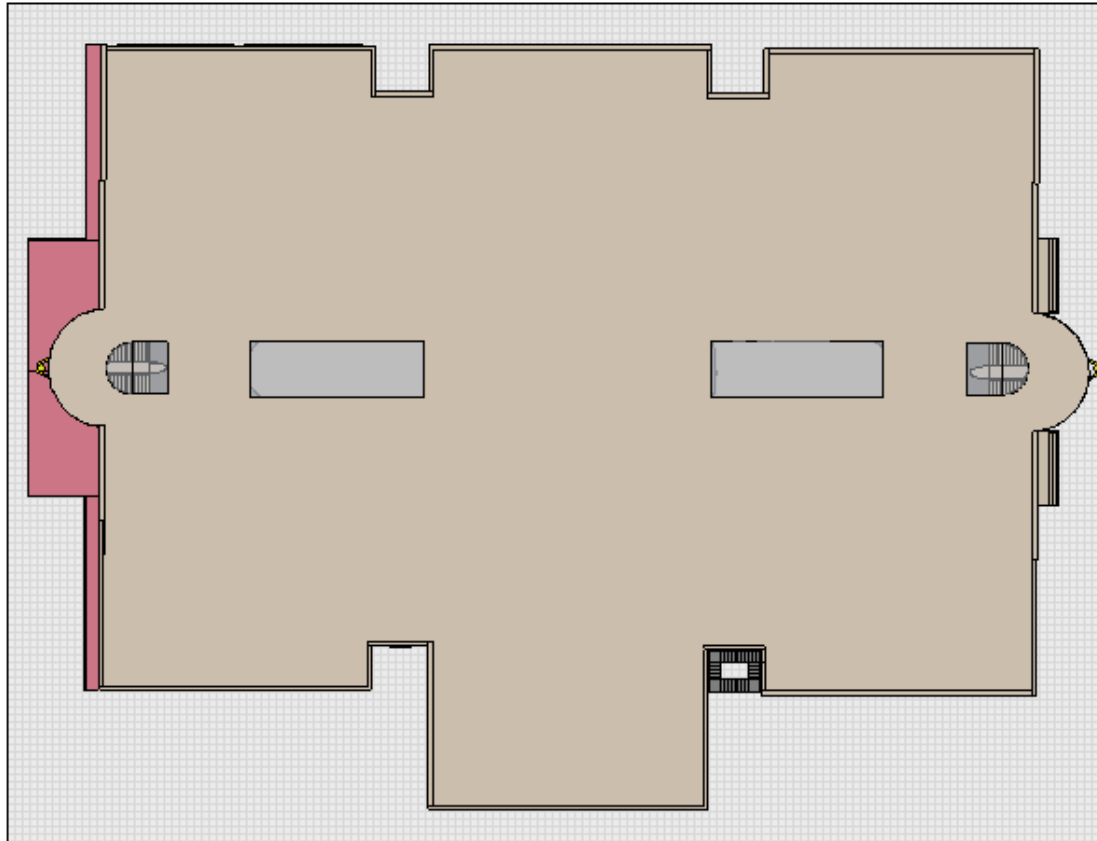
Al guardar el proyecto en Revit se almacena en un único archivo, lo que evita la aparición de muchos errores, permitiendo la extracción de todo tipo de datos de manera automática.

Se permite la representación en alzado, sección, planta o vista 3D.

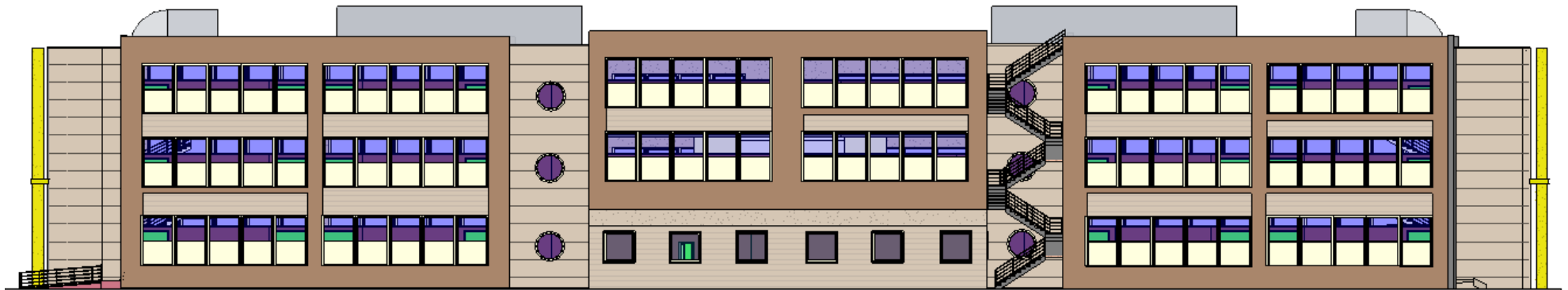
2.3.7. Resultado final.

A continuación se muestra el edificio completo modelado en Revit mostrando en alzado, planta, perfil y vista 3D el exterior del edificio y para las plantas de cada piso vista 3D y vista en planta.

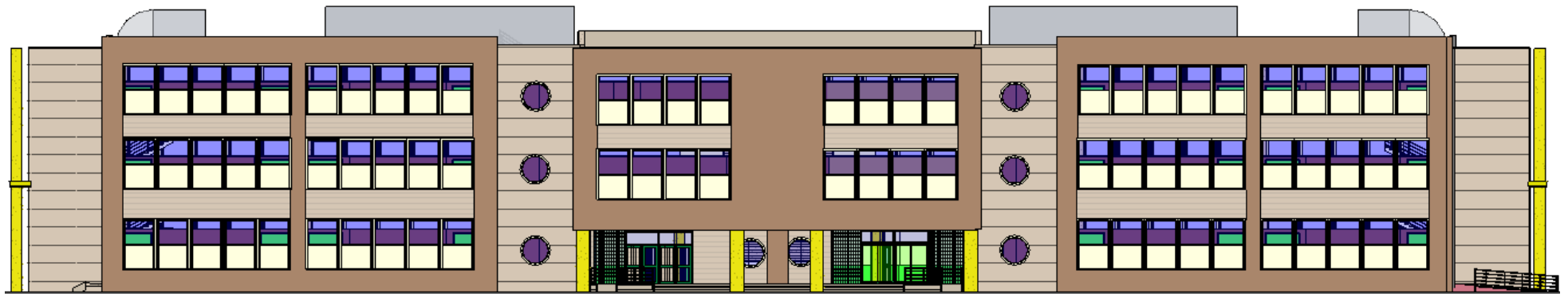
Para su mejor visualización de todos los elementos que lo conforman, el modelo se muestra sin el techo entre las plantas.



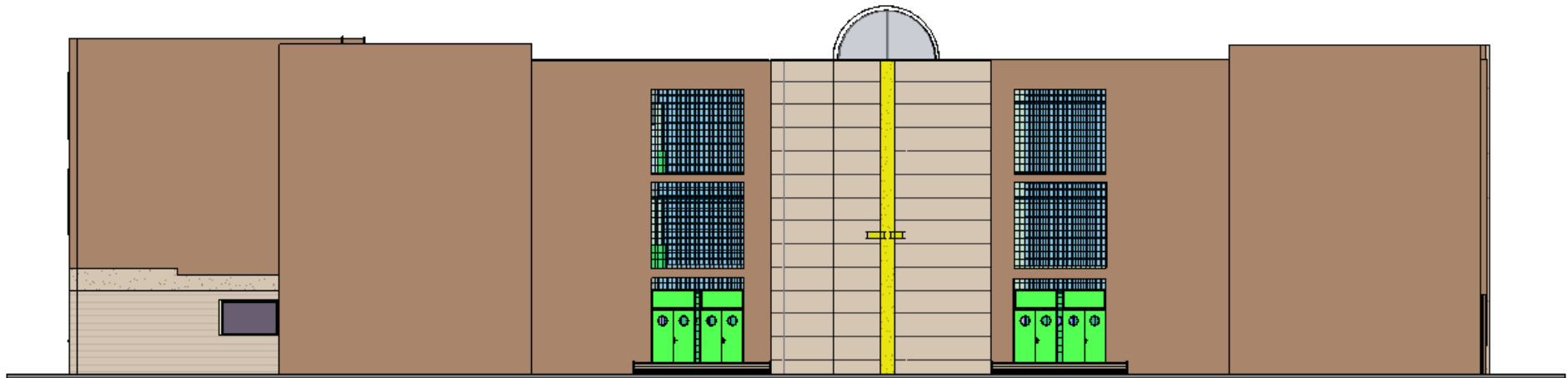
Título	PLANTA EDIFICIO B4
Software	Revit Architecture
Autor	Alicia Rodríguez Juárez



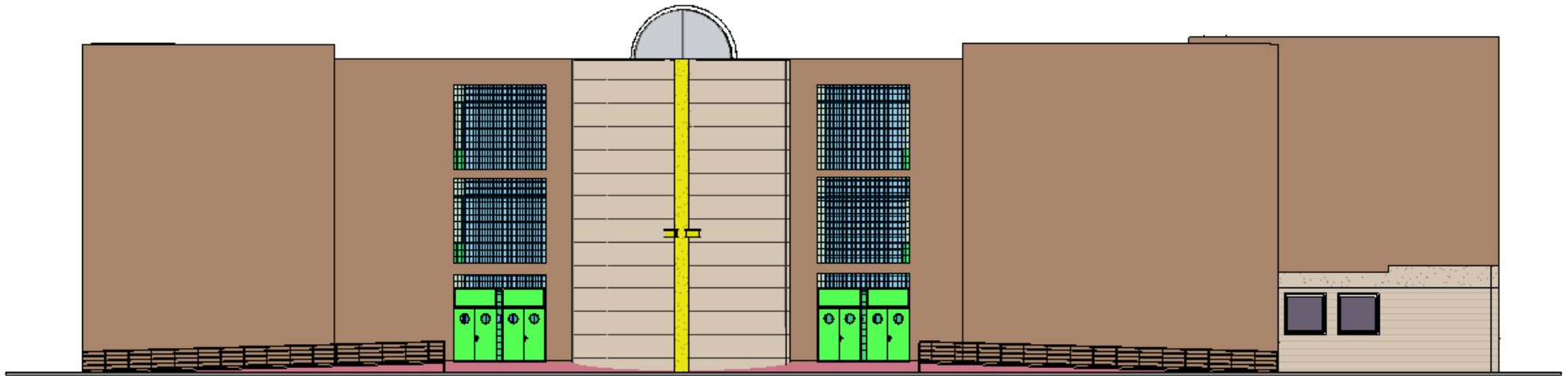
Título	ALZADO SUR EDIFICIO B4
Software	Revit Architecture
Autor	Alicia Rodríguez Juárez



Título	ALZADO NORTE EDIFICIO B4
Software	Revit Architecture
Autor	Alicia Rodríguez Juárez



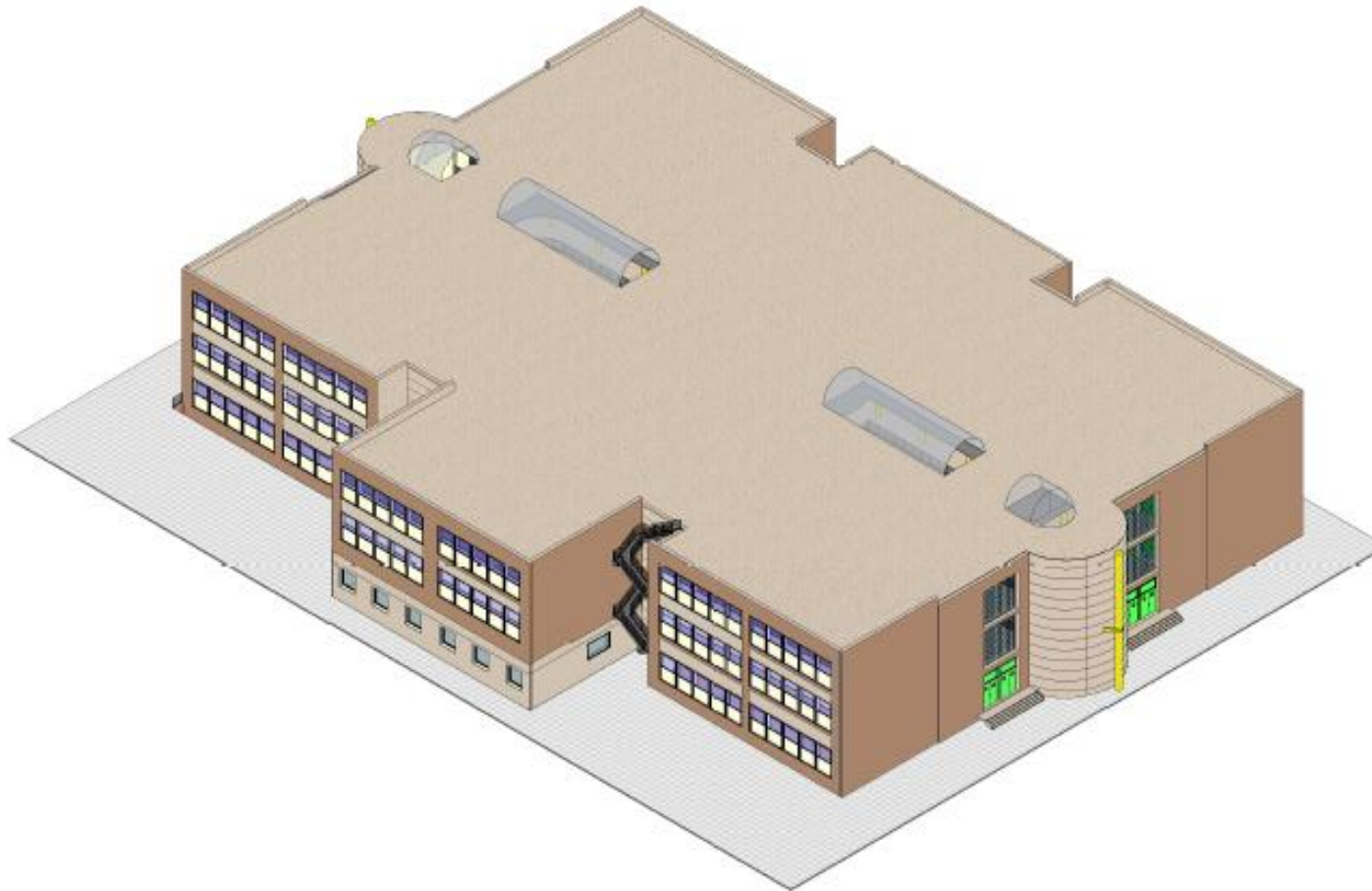
Título	PERFIL ESTE EDIFICIO B4
Software	Revit Architecture
Autor	Alicia Rodríguez Juárez



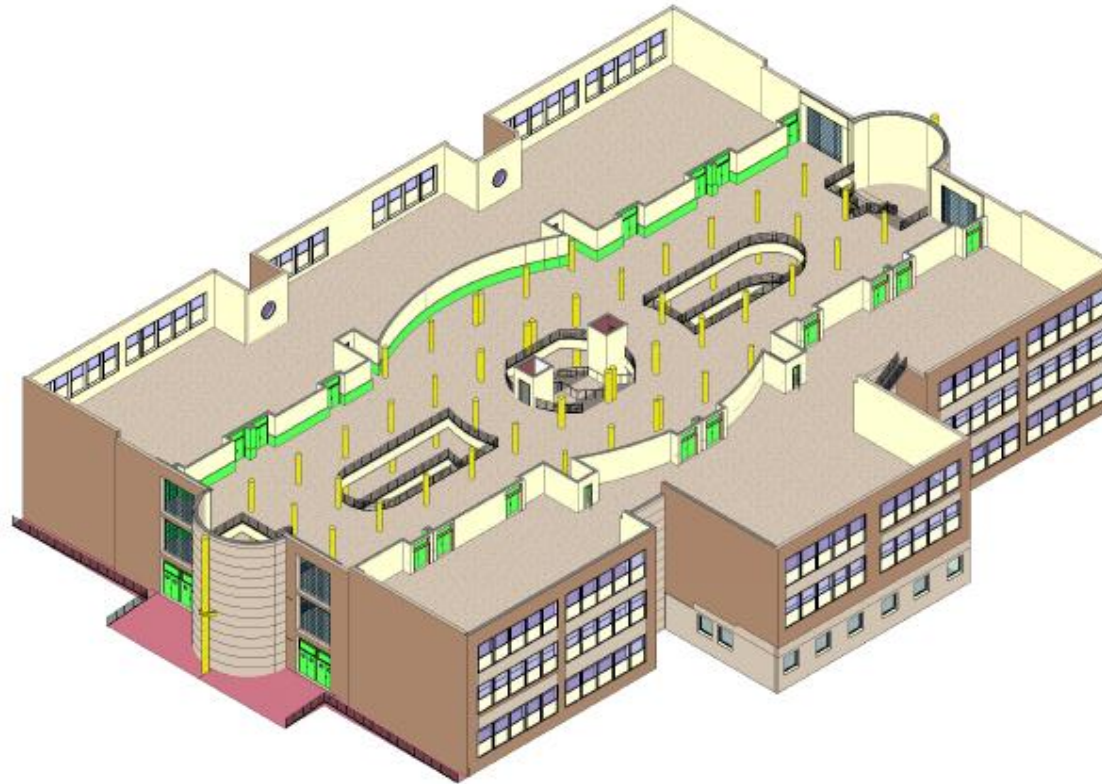
Título	PERFIL OESTE EDIFICIO B4
Software	Revit Architecture
Autor	Alicia Rodríguez Juárez



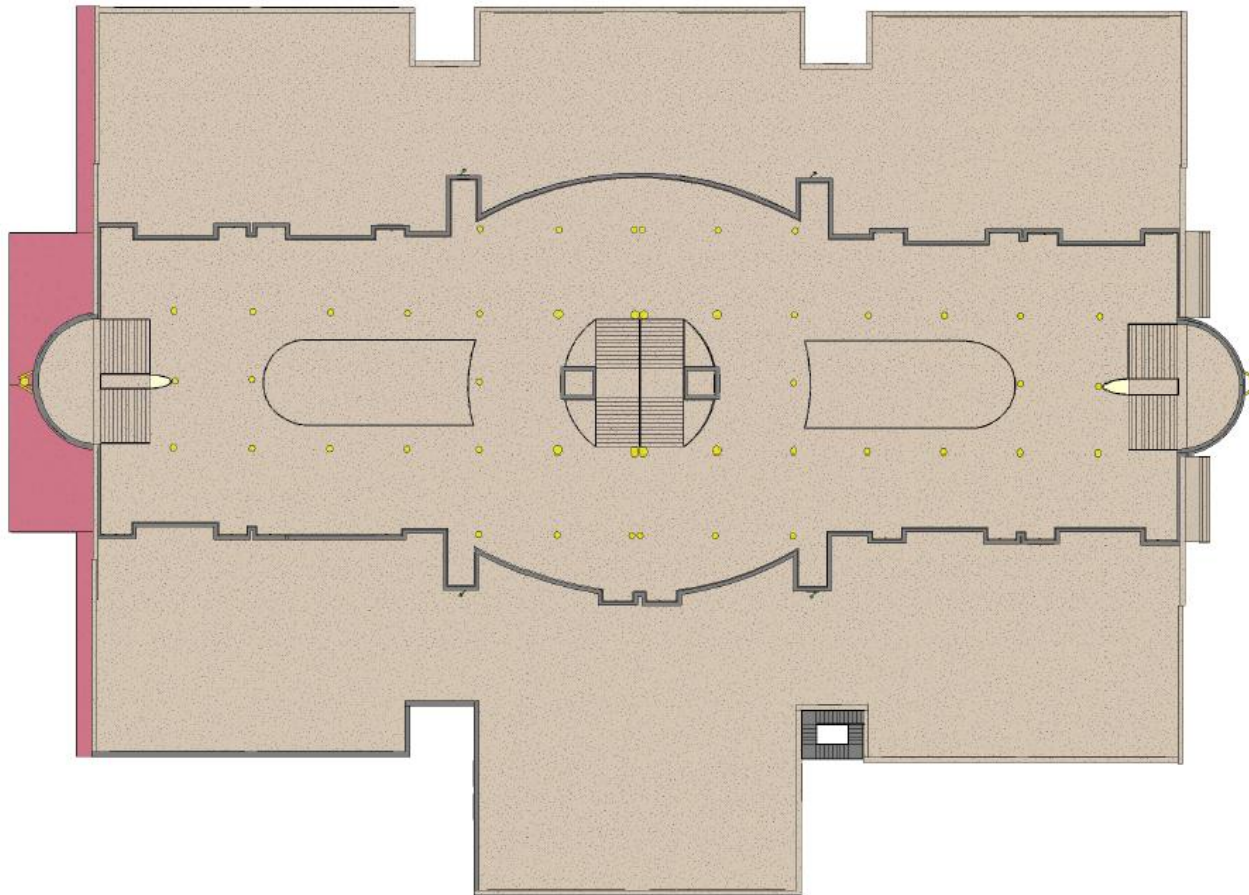
Título	VISTA 3D NOROESTE EDIFICIO B4
Software	Revit Architecture
Autor	Alicia Rodríguez Juárez



Título	VISTA 3D SURESTE EDIFICIO B4
Software	Revit Architecture
Autor	Alicia Rodríguez Juárez



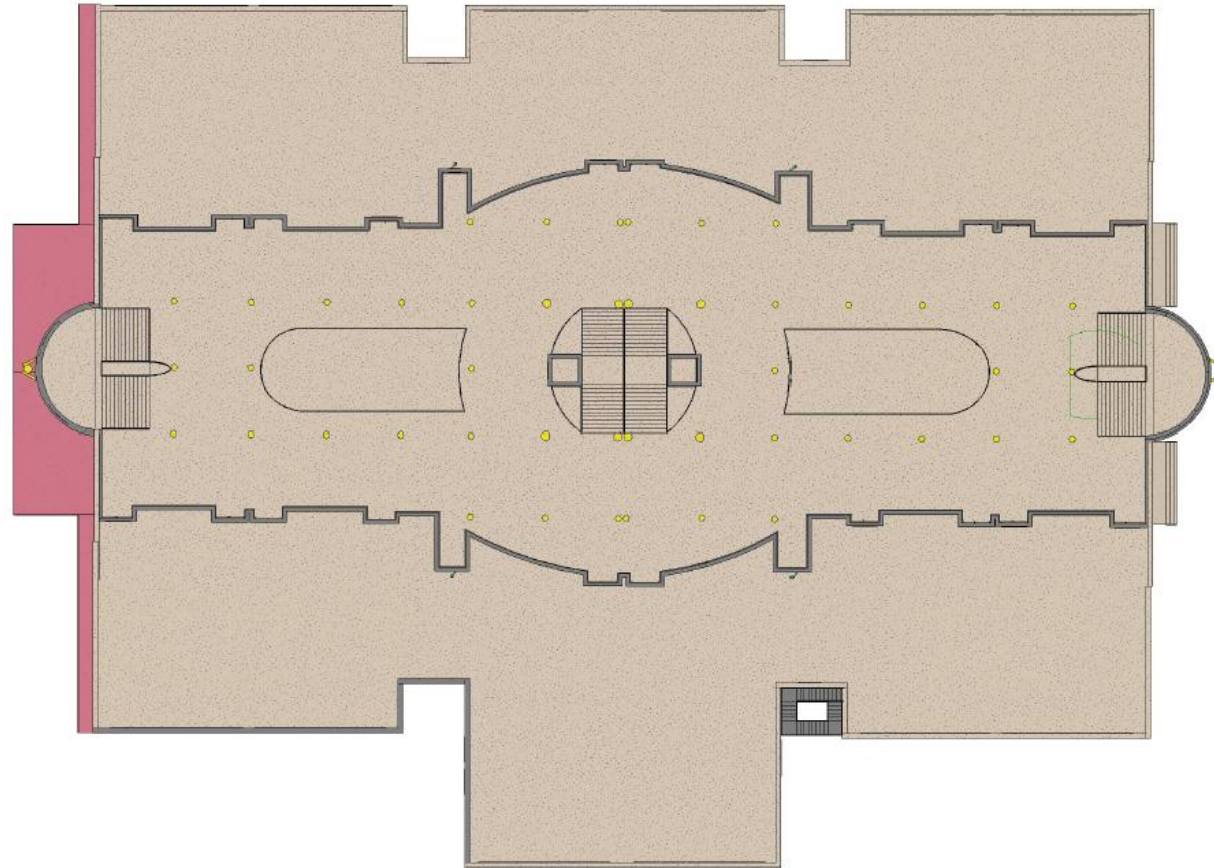
Título	VISTA 3D SEGUNDO PISO. EDIFICIO B4
Software	Revit Architecture
Autor	Alicia Rodríguez Juárez



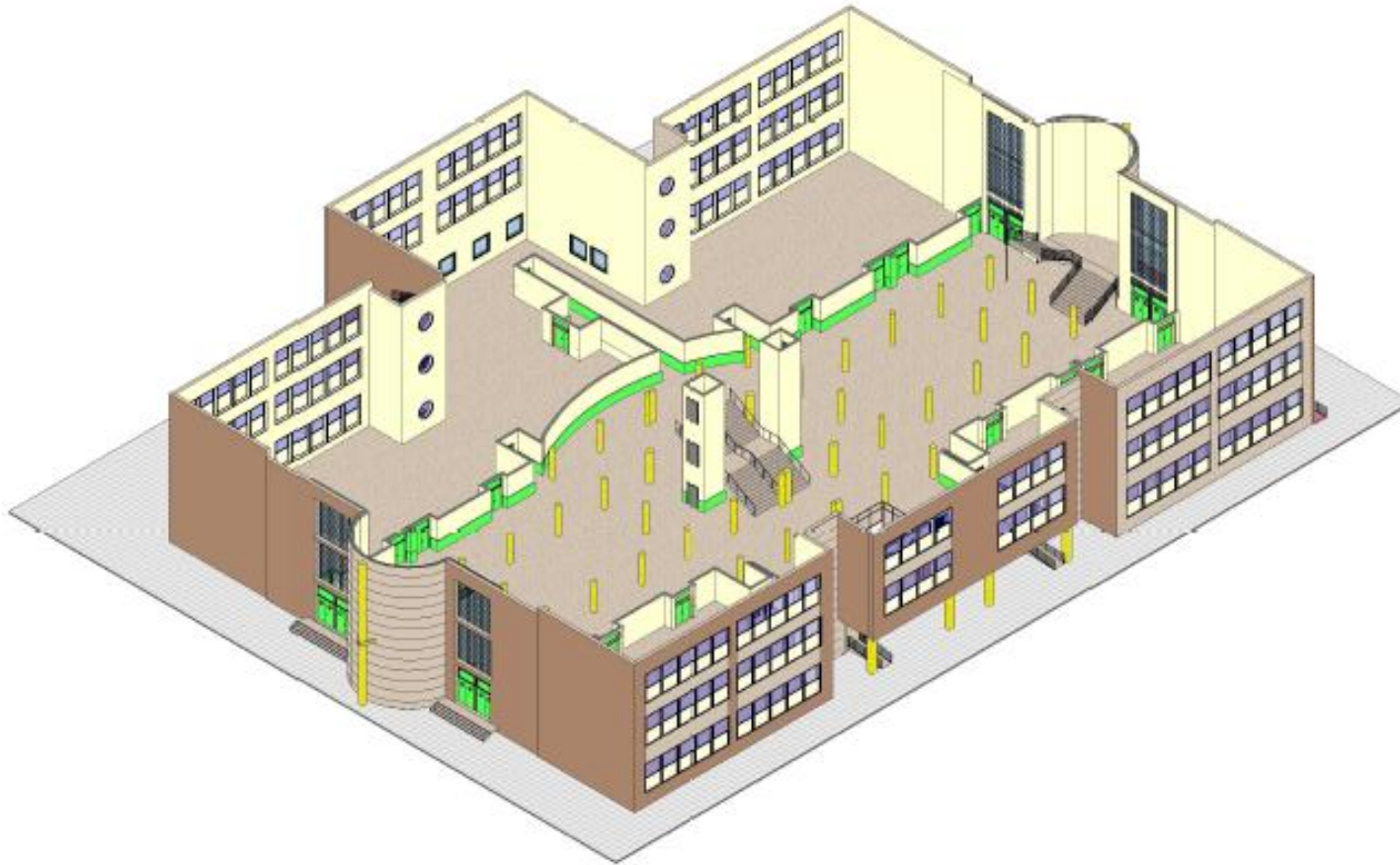
Título	PLANTA SEGUNDO PISO. EDIFICIO B4
Software	Revit Architecture
Autor	Alicia Rodríguez Juárez



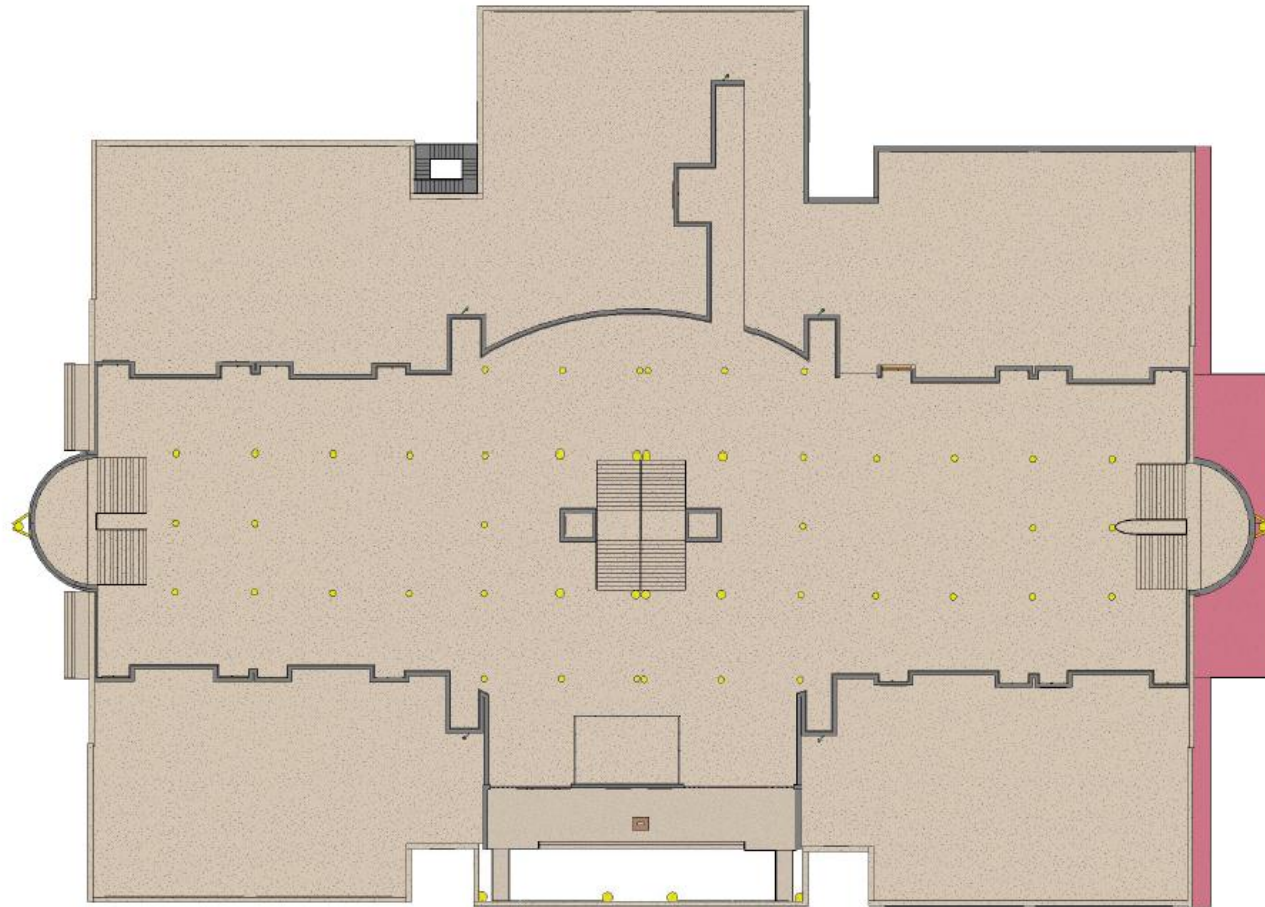
Título	VISTA 3D PRIMER PISO. EDIFICIO B4
Software	Revit Architecture
Autor	Alicia Rodríguez Juárez



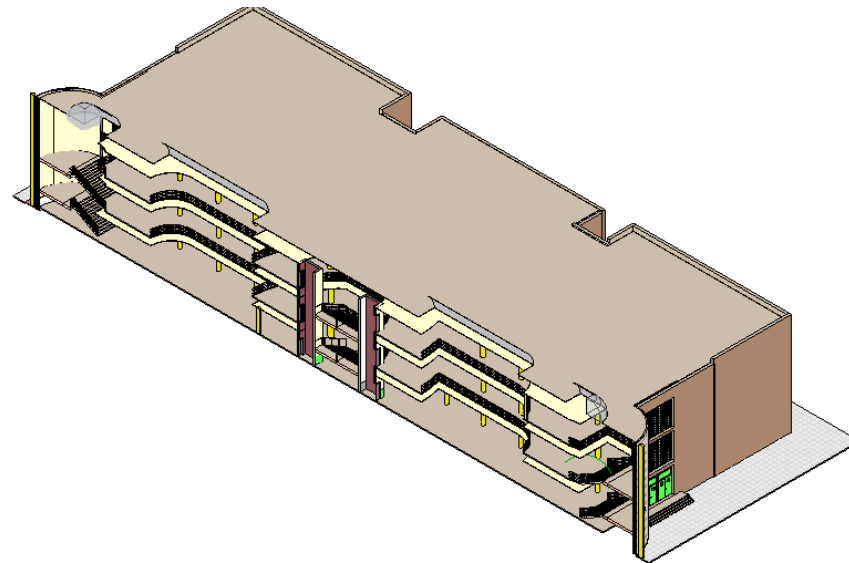
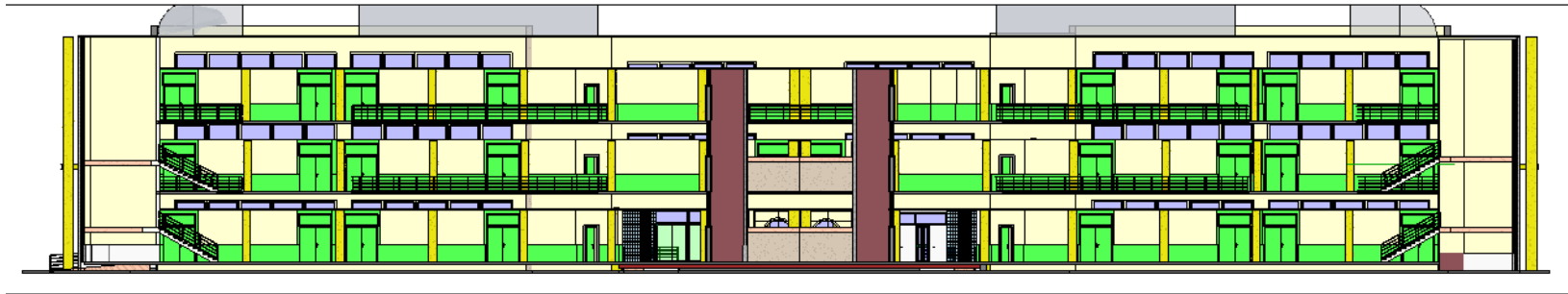
Título	PLANTA PRIMER PISO. EDIFICIO B4
Software	Revit Architecture
Autor	Alicia Rodríguez Juárez



Título	PLANTA PISO BAJO. EDIFICIO B4
Software	Revit Architecture
Autor	Alicia Rodríguez Juárez

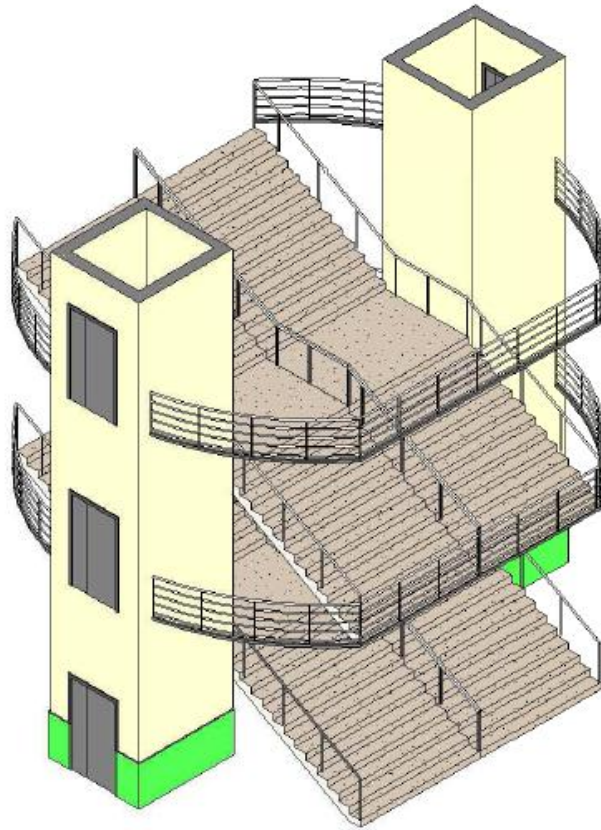


Título	PLANTA PISO BAJO. EDIFICIO B4
Software	Revit Architecture
Autor	Alicia Rodríguez Juárez



Título	SECCIÓN EDIFICIO B4
Software	Revit Architecture
Autor	Alicia Rodríguez Juárez

Por último se muestran las escaleras centrales completas del edificio B4 junto a los ascensores, para su mejor visualización se ha ocultado los elementos de techo y suelo entre plantas.



Título	ESCALERA CENTRAL EDIFICIO B4
Software	Revit Architecture
Autor	Alicia Rodríguez Juárez



3. CONCLUSIONES

El uso del escáner láser terrestre para medir la geometría de los edificios está muy extendido hoy día, es considerado como un instrumento capaz de aportar un avance significativo para la arquitectura; una solución relativamente rápida y eficaz, como principal virtud la obtención de una documentación y un archivo digital de calidad y detalle. Por lo cual la metodología utilizada por la que se optó es la más adecuada y ha cumplido con los objetivos buscados.

Aun así, es importante incidir en la problemática detectada en el uso de escáner láser. El primer problema que se detecta viene dado por la presencia de vegetación y estructuras en el edificio, incrementados por la georreferenciación en campo. Esto genera gran cantidad de residuos y la eliminación manual del archivo digital de estos puntos supone un importante esfuerzo respecto a la totalidad del trabajo. Este condicionante conlleva a ocultar gran parte del edificio y obliga a realizar escáneos parciales para completarlo lo que da lugar a un aumento del trabajo de edición.

Los resultados que se esperaban de este trabajo fin de máster se han cumplido. Pues el objetivo final es la creación de un modelo 3D del edificio B4 de la Universidad de Jaén.

La herramienta de trabajo Autodesk Revit Architecture , ha conseguido que dicho modelo refleje la situación actual de los elementos arquitectónicos del exterior y de las zonas comunes del edificio, exceptuando el interior de las aulas; logrando así que Revit sea un programa que se acoge a la filosofía BIM de manera rotunda y eficaz.

El empleo conjunto del escáner láser terrestre y Revit genera un modelado fiable, preciso, detallado, actualizado, organizado, y unificado en un formato 3D que facilita la labor de planificación y diseño.



4. PRESUPUESTO

Para la elaboración del presupuesto del presente proyecto, se considera el coste de los trabajos topográficos que intervienen en el, diferenciando los costes de cada uno de las fases del proyecto.

4.3. TRABAJOS DE CAMPO.

Los estudios previos trabajos en campo presupuestados en este proyecto son:

- Reconocimiento previo del terreno.
- Materialización sobre el terreno de las distintas bases.
- Realización de la poligonal.
- Realización de los escaneos.

4.3.1. Cuadro de precios Simples.

N.O	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (€)
1	Jornada Técnico	150,00
2	Jornada Ayudante	60,00
3	Alquiler TS-06	40,00
4	Clavos	0,05
5	Rotulador permanente	3,00
6	Alquiler escáner C10	170,00
7	Dietas	30,00
8	Transporte	0,2 (€/h)



4.3.2. Cuadro de precios Descompuestos.

N.O.	CONCEPTO	UNIDADES/JORNADAS	PRECIO UNITARIO(€)	IMPORTE (€)
1	Reconocimiento previo del terreno			
	Técnico	1	150,00	150,00
	Transporte	1	0,20	0,20
	TOTAL			150,20 €
	Instalación de las bases			
2	Técnico	1	150,00	150,00
	Clavo	12	0,05	0,60
	Rotulador permanente	1	3,00	3,00
	Transporte	1	0,20	0,20
	TOTAL			153,80 €
3	Realización de la Poligonal			
	Técnico	1	150,00	150,00
	Ayudante	1	60,00	60,00
	Alquiler TS-06	1	40,00	40,00
	Transporte	1	0,20	0,20
	Dietas	2	30,00	60,00
	TOTAL			310,20 €
Realización de escaneos				



4	Técnico	1	150,00	150,00
	Alquiler C10	1	170,00	170,00
	Transporte	1	0,20	0,20
	Dietas	1	30,00	30,00
	TOTAL			350,20 €

En este apartado se ha calculado el precio de cada fase de trabajo de campo por jornada.

4.3.3. Jornadas.

En este apartado se especifica el número de jornadas en las que se ha realizado cada fase de trabajo de campo, como el precio descompuesto se ha obtenido para una jornada completa que sería de 8 horas, en el caso de haber realizado alguna fase en media jornada o horas sueltas se especificará como la fracción de las horas empleadas en función de las horas de una jornada completa.

N.O	CONCEPTO	JORNADAS
1	Reconocimiento del terreno	1 / 2
2	Instalación de bases	1 / 2
3	Realización de la poligonal	1
4	Realización de los escaneos	5

4.3.4. Cuadro de presupuestos.

En este apartado se calcula el importe total de cada una de las fases del trabajo teniendo en cuenta las jornadas empleadas en desarrollarlas, así como la suma total del trabajo de campo.



N.O	CONCEPTO	JORNADA	PRECIO € (JORNADA)	IMPORTE €
1	Reconocimiento del terreno	0,5	150,20	75,10
2	Instalación de bases	0,5	153,80	76,90
3	Realización de la poligonal	1	310,20	310,20
4	Realización de los escaneos	5	350,20	1751,00
TOTAL	2213,20 €			

El Presupuesto de Ejecución Material del trabajo de campo asciende a la mencionada cantidad de **DOS MIL DOSCIENTOS TRECE EUROS con VEINTE CÉNTIMOS**.

4.4. TRABAJOS EN GABINETE.

Los trabajos realizados en gabinete presupuestados en este proyecto son:

- Estudio previo.
- Compensación poligonal.
- Volcado y procesado de datos en Leica Cyclone.
- Fusión y procesado de datos en Maptek I-Site.
- Diseño y modelado en Revit Architecture.
- Redacción del proyecto y cálculo del presupuesto



4.4.1. Cuadro de precios simples.

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO (€)
Técnico	150,00
Ordenador	0,90
Microsoft Office	0,33
Leica Cyclone	50,00 día
Maptek I-Site	60,00 dia
Revit Architecture	370 mensual

4.4.2. Cuadro de precios descompuestos.

En este apartado se calcula el precio de cada fase de trabajo de gabinete para una jornada de 8 horas. De este modo se obtiene el precio por jornada para cada una de las distintas fases que componen el trabajo de gabinete.

N.O.	CONCEPTO	UNIDADES	PRECIO UNITARIO(€)	IMPORTE (€)
1	Compensación Poligonal			
	Técnico	1	150,00	150,00
	Ordenador	1	0,90	0,90
	TOTAL			150,90 €
	Volcado y procesado de datos en Leica Cyclone			
	Técnico	1	150,00	150,00
	Ordenador	1	0,90	0,90



2	Leica Cyclone	1	50,00	50,00
	TOTAL			200,90 €
3	Fusión y procesado de datos Maptek I-Site			
	Técnico	1	150,00	150,00
	Ordenador	1	0,90	0,90
	Maptek I-Site	1	60,00	60,00
	TOTAL			210,90 €
4	Diseño y modelado en Revit Architecture			
	Técnico	1	150,00	150,00
	Ordenador	1	0,90	0,90
	Revit Architecture	1	12,30	12,30
	TOTAL			163,20 €
5	Redacción del proyecto y cálculo del presupuesto			
	Técnico	1	150,00	150,00
	Ordenador	1	0,90	0,90
	Microsoft office	1	0,33	0,33
	TOTAL			151,23 €

4.4.3. Jornadas.

En este apartado se especifica el número de jornadas en las que se ha realizado cada fase del trabajo de campo, como el precio descompuesto se ha obtenido para una jornada completa de 8



horas, en el caso de haber realizado alguna fase en media jornada o horas sueltas se especificará como la fracción del número de horas empleadas en función de las horas de una jornada completa.

N.O	CONCEPTO	JORNADAS/ UNIDADES
1	Compensación Poligonal	1
2	Volcado, procesado de datos	1
3	Fusión y procesado de datos Maptek I-Site	4
4	Diseño y modelado en Revit Architecture	10
5	Redacción del proyecto y cálculo del presupuesto	5

4.4.4. Cuadro de presupuesto.

N.O	CONCEPTO	JORNADA	PRECIO € (JORNADA)	IMPORTE €
1	Compensación Poligonal	1	150,90	150,90
2	Volcado, procesado de datos	1	200,90	200,90
3	Fusión y procesado de datos Maptek I-Site	4	210,90	843,6
4	Diseño y modelado en Revit Architecture	10	163,20	163,20
5	Redacción del proyecto y cálculo del presupuesto	5	151,23	756,15
TOTAL	2114,75 €			

El Presupuesto de Ejecución Material del trabajo de Gabinete asciende a la mencionada cantidad de **DOS MIL CIENTO CATORCE EUROS con SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS.**



4.4.5. Presupuesto de ejecución material.

El Presupuesto de Ejecución Material es la suma de los resultados obtenidos en el trabajo de campo y en el trabajo de gabinete, siendo así el Presupuesto de Ejecución Material asciende a la mencionada cantidad de **CUATRO MIL TRESCIENTOS VENTISIETE EUROS con NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS.**

4.5. PRESUPUESTO TOTAL.

El Presupuesto Total corresponde a la cantidad total de sumarle al Presupuesto de Ejecución por material más el porcentaje del IVA.

Presupuesto de Ejecución por material IVA 21% incluido	5236,82 €
---	------------------



5. BIBLIOGRAFÍA

- Cad-Projects - Especialistas en Proyectos y Cad - Novedades .
https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/55201/MEMORIA_TFG_MONFORT_PITAR_CH,CARLA_14411406249496792971937922144995.pdf?sequence=3
(Último acceso 23 febrero 2016).
- Blog sobre BIM y VDC para profesionales del sector.
<http://dataedro.blogspot.com.es/2013/03/bimque-es-el-lod-nivel-de-detalle-nivel.html>
(Último acceso 23 febrero 2016).
- Introducción a la Tecnología BIM.
<http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/12226/Introducci%F3n+a+la+Tecnol og%EDa+BIM.pdf;jsessionid=C754E8DBE1EC6F5BF2B1A64F132A562B?sequence=1>
(Último acceso 24 febrero 2016).
- BIM. Diseño y gestión de la construcción. Autores: Antonio Manuel Reyes, Pablo Cordero y Alonso Candelario. Editorial Anaya. (Último acceso 24 febrero).
- Google Maps.
www.maps.google.es (Último acceso 25 febrero 2016).
- Manual Leica Cyclone. (Último acceso 10 mayo 2015).
- Escáneres Láser (HDS).
http://www.leica-geosystems.es/es/Escaneres-laser-HDS_5570.htm?pagemode=print
(Último acceso 1 marzo 2016).
- Anexo 5. Escáner Láser.
<http://www.ugr.es/~jorgeip/tesis/archivos/anexo5.pdf> (Último acceso 3 marzo 2016).
- Comparativo de sistemas para la adquisición de datos métricos. Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica - U.P.M.
http://oa.upm.es/3685/2/PEREZ_PON_2007_01.pdf
(Último acceso 10 marzo 2016).



- Productos Leica (Instrumentación).
<http://leica-geosystems.com> (Último acceso 14 marzo 2016).
- ProToCal 3.0: Cálculos topográficos.
<http://coello.ujaen.es/protocol/> (Último acceso 20 marzo 2016).
- Software Leica Cyclone, características.
http://www.leica-geosystems.es/es/Leica-Cyclone_6515.htm (Último acceso 25 marzo 2016).
- Software Maptek I-Site, características.
http://www.maptek.com/cl/productos/i-site/i-site_studio.html (Último acceso marzo 2016).
- Revit. Modelado BIM.
<http://www.hildebrandt.cl/que-es-revit-y-para-que-sirve-en-el-modelado-bim/> (Último acceso 25 marzo 2016).
- Apuntes Máster en Tecnologías geoespaciales para la Gestión Inteligente del Territorio.
- Funciones avanzadas Revit.
<https://yolandamuriel.wordpress.com/2013/01/08/revit-architecture-funciones-avanzadas-ii-union-de-capas/> (Último acceso 1 mayo 2016).