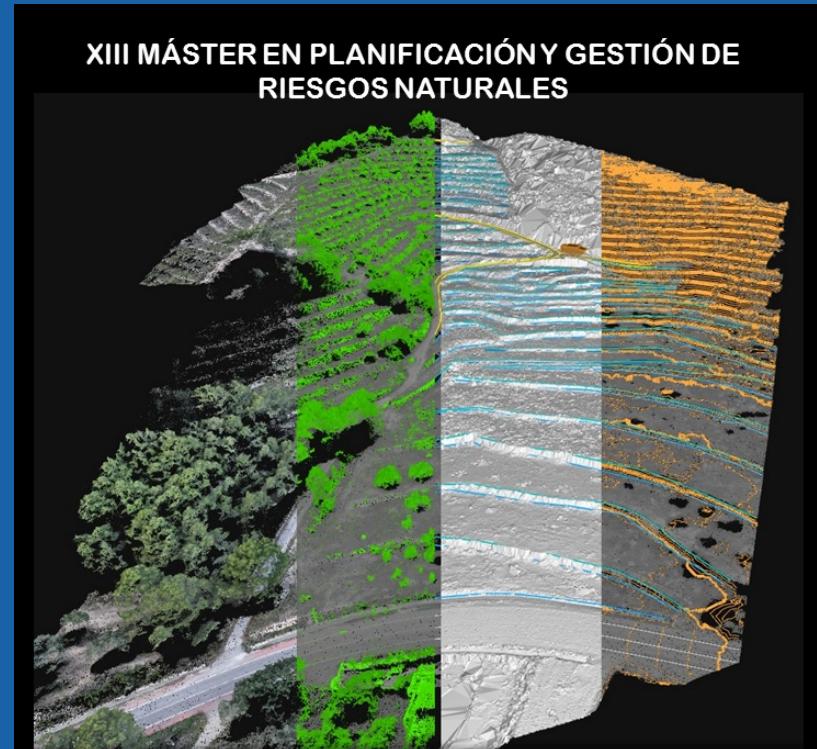


Técnicas de documentación geométrica

El uso de drones para la generación de modelos digitales del terreno

10 y 24 de marzo

Joan Cano / [Liberam](#)



TÉCNICAS DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA
El uso de drones para la generación de modelos digitales del terreno

JOAN CANO ALADID

Geógrafo especialista en SIG y Teledetección (LIBERAM)

10 y 24 de marzo de 2023





> **whoami**

Joan Cano

Geógrafo especializado en GIS, Teledetección,
láser escáner, fotogrametría y UAV



Liberam



LIBERAM

Da alas a un nuevo proyecto

Objetivos

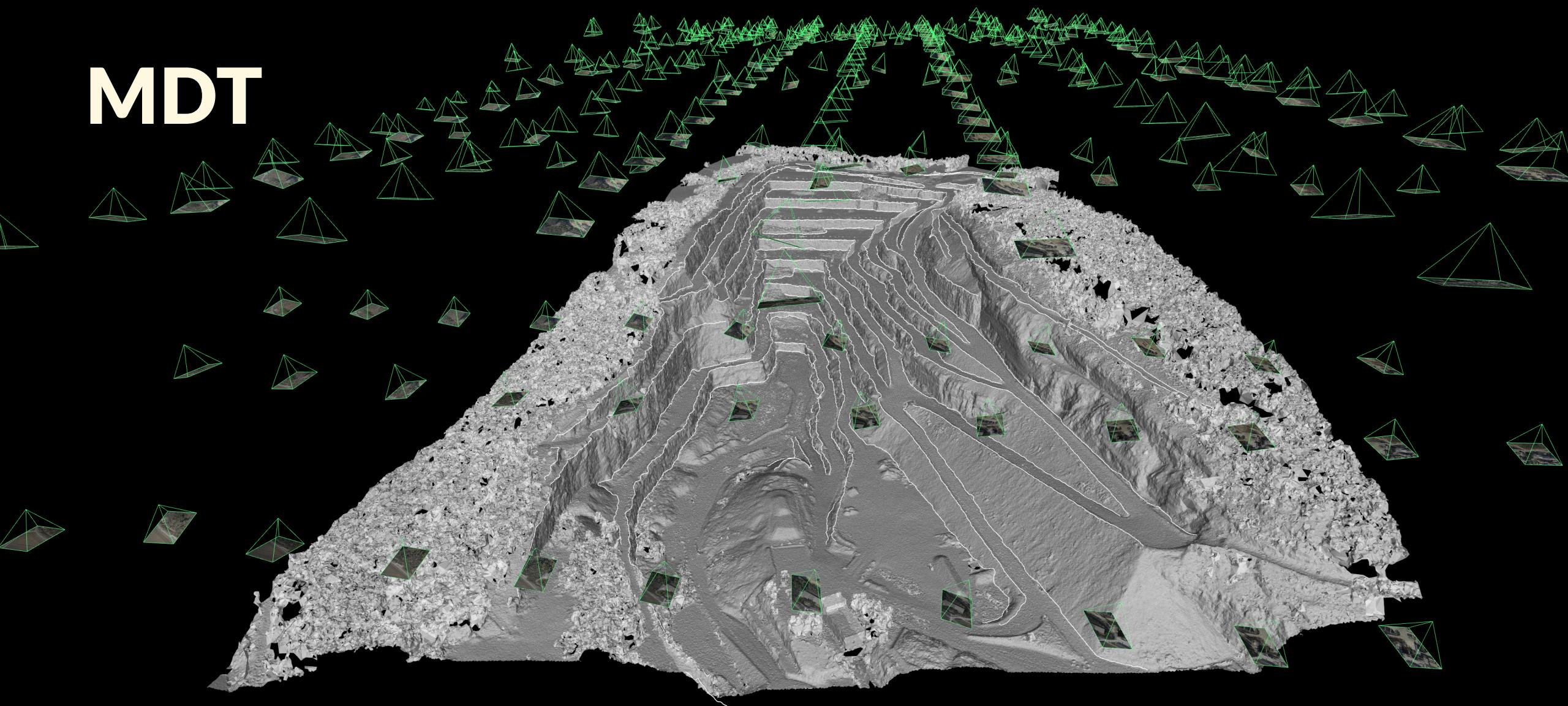
- Conocer los principales tipos de drones y cámaras
- Conocer los principios básicos de la fotogrametría
- Flujos de trabajo / postproceso
- Tratamiento de la información espacial
- Software de procesamiento fotogramétrico



¿De qué vamos a hablar?



MDT



Modelos Digitales del Terreno (MDT)

Estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una propiedad de la superficie de terreno (de una variable cuantitativa y continua). Es un concepto genérico.

Modelo Digital de Elevaciones (MDE)

Estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie de terreno. Un MDE es un caso particular dentro de los **MDT**.



Drones



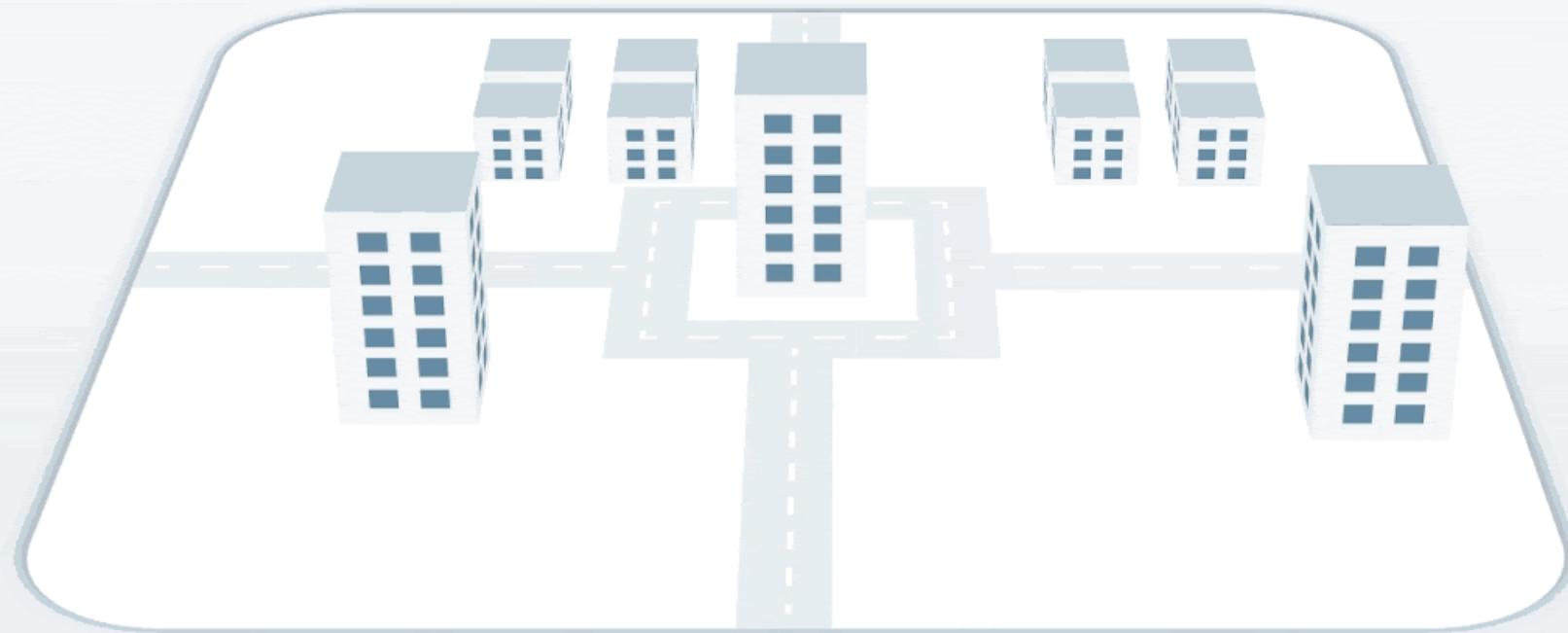
Drones

Los UAV portan sensores que se encargan de capturar datos

- Imágenes (RGB, multiespectrales, térmicas)
- Nubes de puntos
- Radiancia / Reflectividad
- etc.



Fotogrametría

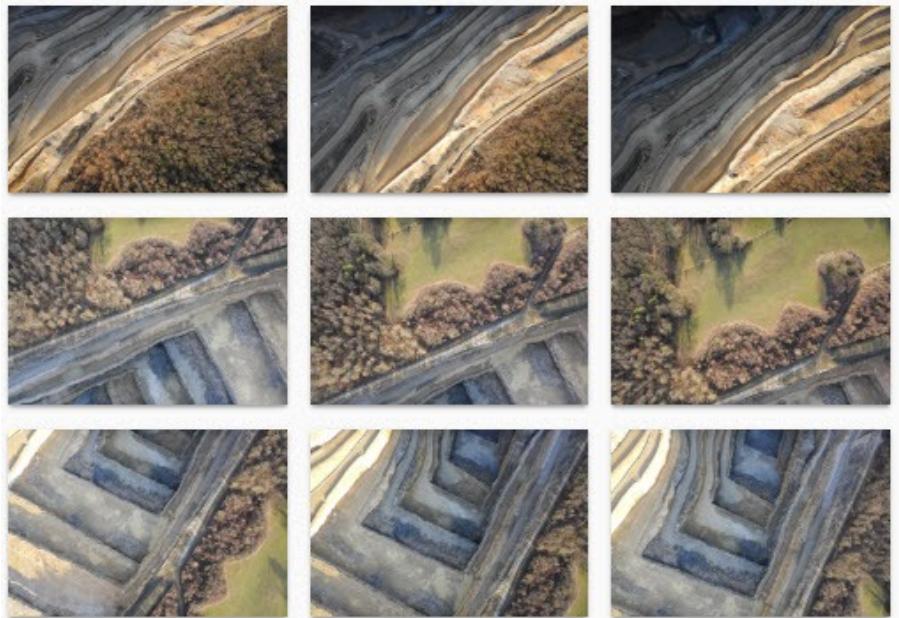


Extracting **3D information from photographs**



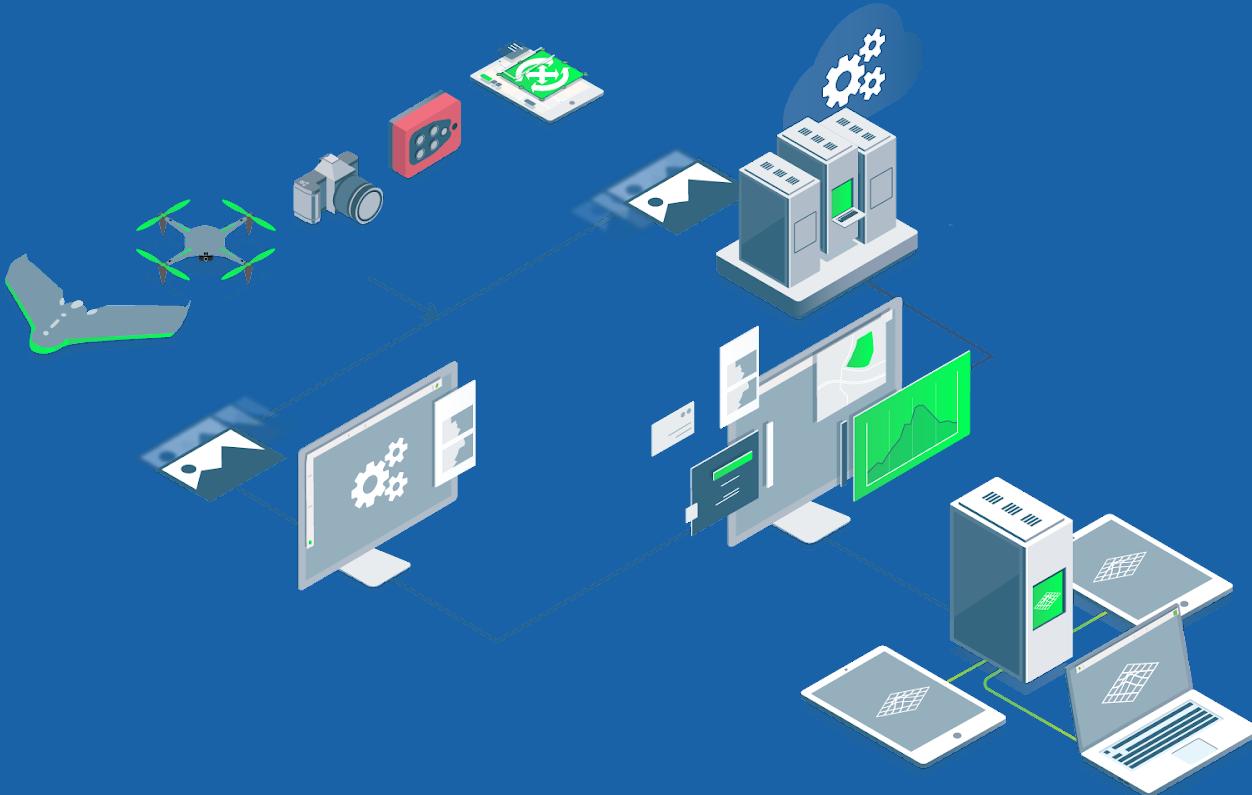
De sensores digitales a información espacial

Transformación de imágenes tomadas a mano, por drones o con avioneta en mapas 2D precisos y georreferenciados, modelos 3D, nubes de puntos y análisis.



Flujo de trabajo escalable

1. Imágenes o video
2. Procesamiento y creación 2D y modelos 3D
3. Análisis y digitalización
4. Compartir modelos & Colaboración



Inputs

Compact



DSLR



Large format



Action



Rig



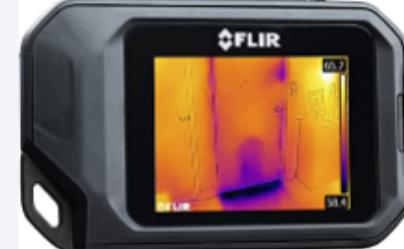
Multispectral



Hyperspectral



Thermal



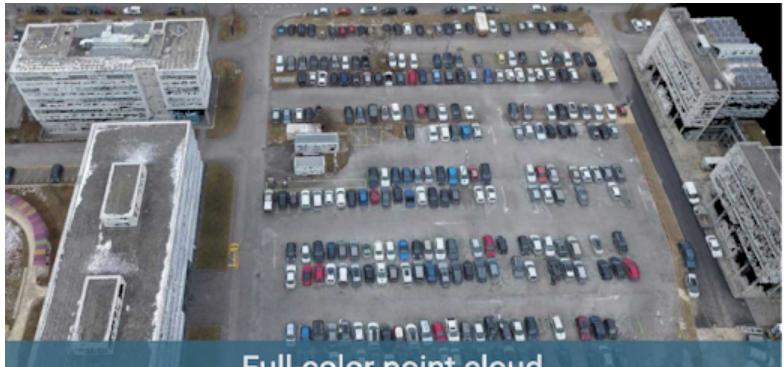
Smart Phone



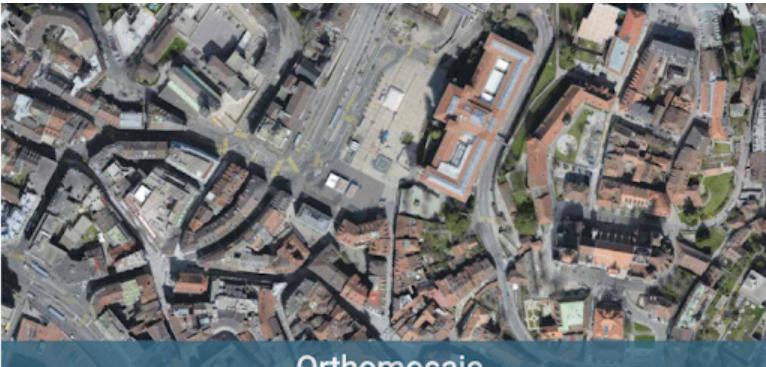
360 ° panorama



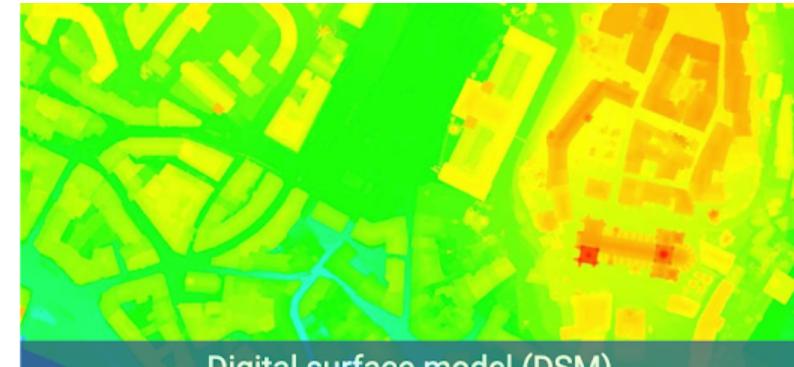
Outputs



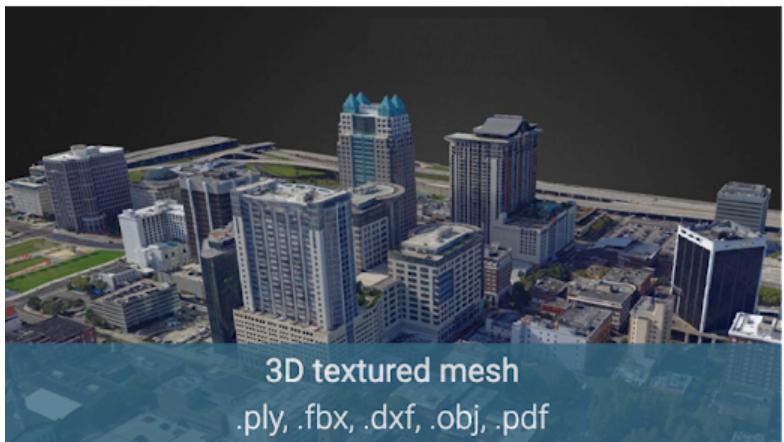
Full-color point cloud
.las, .laz, .ply, .xyz



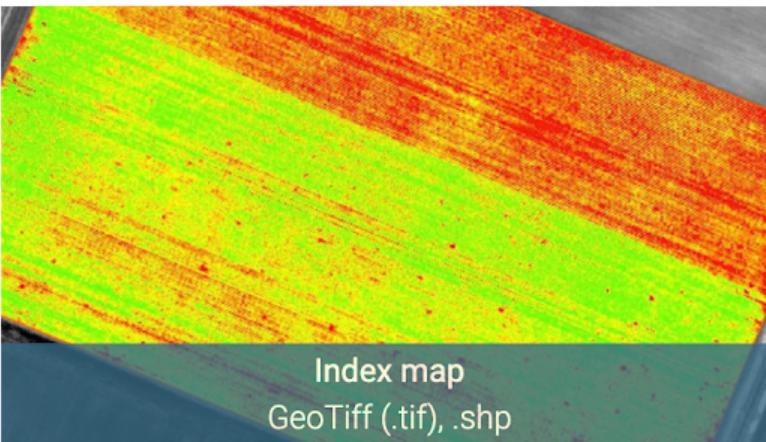
Orthomosaic
GeoTiff (.tif), .kml



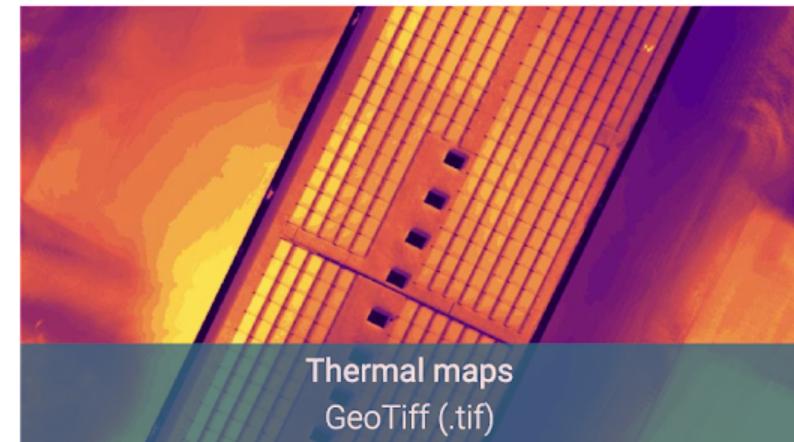
Digital surface model (DSM)
GeoTiff (.tif), .xyz, .las, .laz



3D textured mesh
.ply, .fbx, .dx, .obj, .pdf



Index map
GeoTiff (.tif), .shp



Thermal maps
GeoTiff (.tif)



Aplicaciones y sectores: Topografía & Construcción

- Gestión de movimiento de tierras
- Levantamientos topográficos
- Mediciones de acopio y corte/relleno
- Monitoreo/inspección visual durante la construcción
- Seguimiento del progreso
- Documentación de proyectos para visualización, medición, anotación y uso compartido
- Inspecciones de edificios e infraestructuras
- Planificación de perforaciones y voladuras
- Mapeo base para el diseño del sitio



Aplicaciones y sectores: Topografía & Construcción

- Puentes
- Carreteras
- Túneles
- Torres de transmisión
- Torres de telefonía móvil
- Edificios
- Puertos y dársenas
- Aeropuertos



Aplicaciones y sectores: Patrimonio cultural

- Conservación y gestión activa
- Mapas y modelos 3D detallados y precisos
- Descubrimientos
- Experiencias inmersivas en VR & AR y web
- Restauración



Aplicaciones y sectores: **Agricultura**

- Identificación temprana de problemas
- Comprensión más profunda de su cultivo
 - Mapas de índices ligados a las características de la planta
- Aumentar la producción / rendimiento de cultivos
- Ahorro de insumos
- Estimaciones de rendimiento más precisas
- Planificación y gestión del riego
- Minimizar la erosión del suelo



Aplicaciones y sectores: **Seguridad Pública**

- Medicina forense y reconstrucción de escenas
- Reducción del tiempo en la escena
- Documentación siempre disponible en el tiempo
- Investigación de incendios
- Análisis de causa
- Evaluación de daños
- Ajustes de reclamaciones de seguros
- Búsqueda y Rescate (SAR)
- Búsqueda de personas desaparecidas
- Conciencia situacional rápida para los primeros respondedores



Aplicaciones y sectores: Ayuda humanitaria y gestión de desastres

- Coordinación de equipos de socorro de emergencia y recuperación
- Proporcionar conocimiento de la situación sobre el terreno a los equipos
- Compartir y difundir información en línea o fuera de línea
- Reducción de riesgos y desastres
- Identificar casas, refugios, carreteras, puentes u otros daños en infraestructuras criticas



Profundicemos: Fotogrametría

- Ciencia que permite realizar mediciones
- Se necesitan imágenes principalmente
- Los resultados primarios incluyen mediciones y representaciones 2D y 3D
- Creación de activos digitales de muy alta calidad
- Tecnología democrática



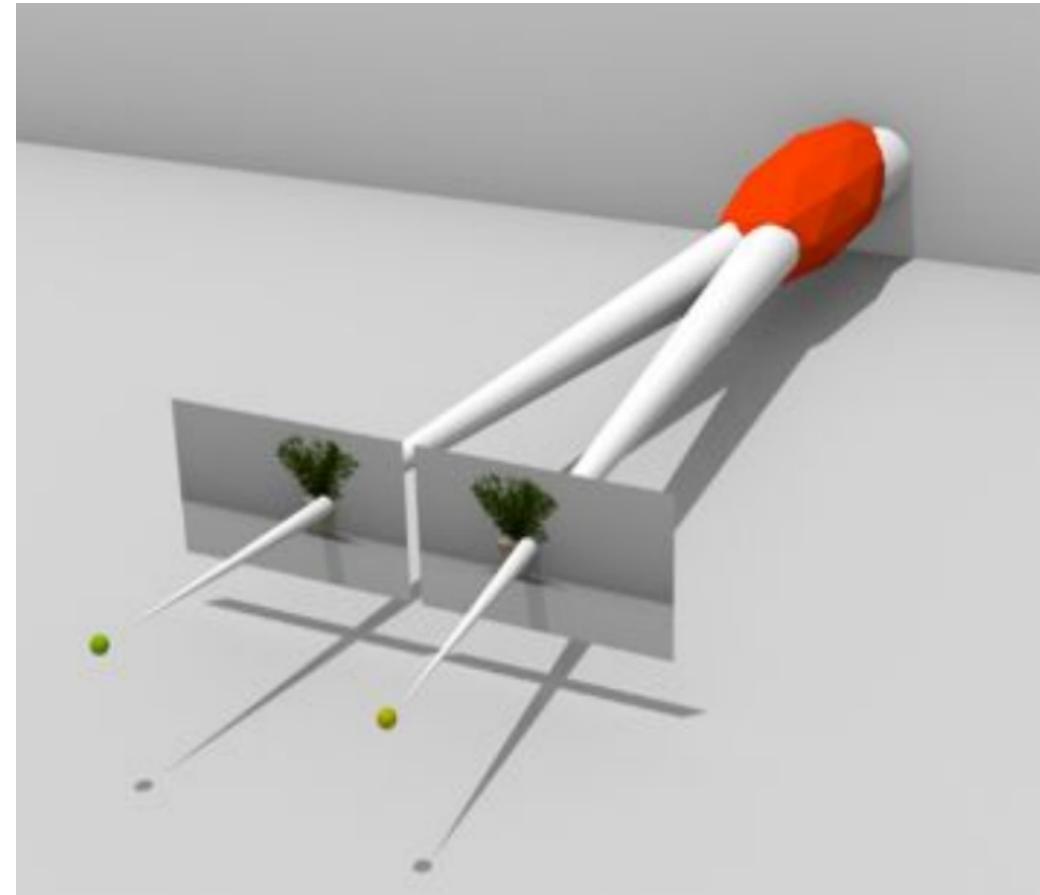
De imágenes a puntos 3D

Si:

- Podemos identificar lo mismo en **al menos dos imágenes**
- Conocemos los parámetros **externos e internos** de una cámara

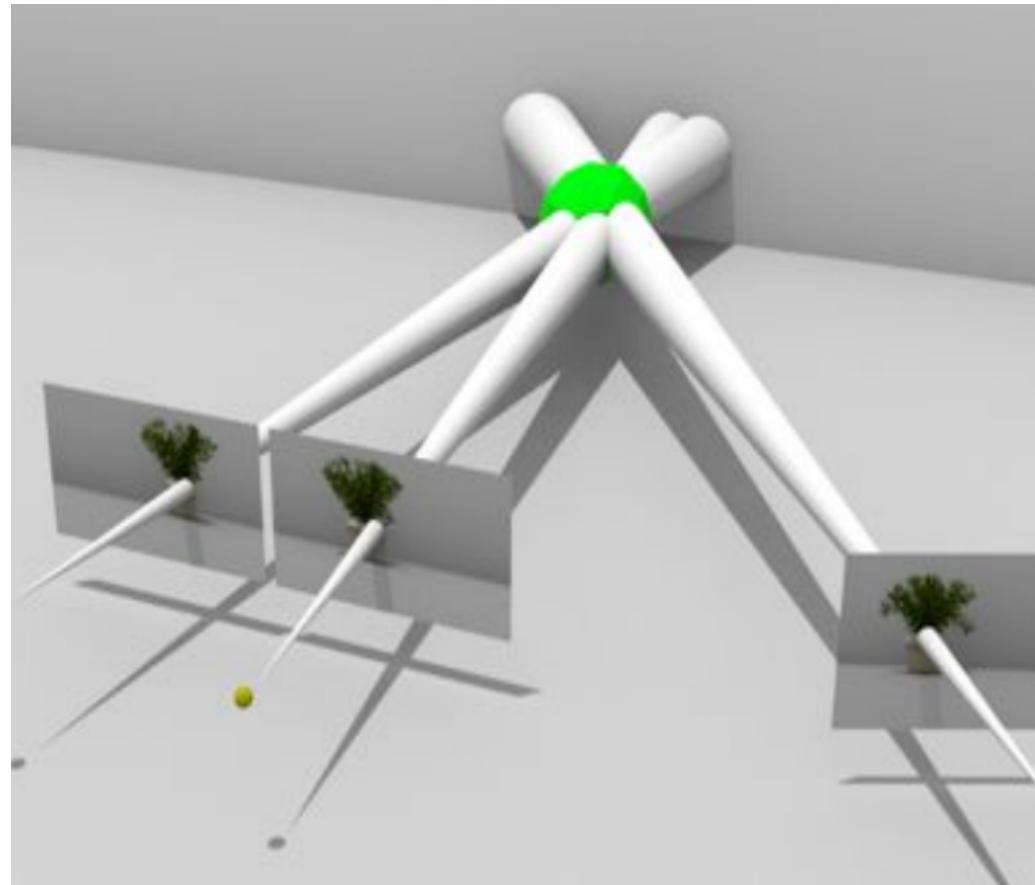
Podremos:

- Calcular la posición de un punto en el espacio 3D



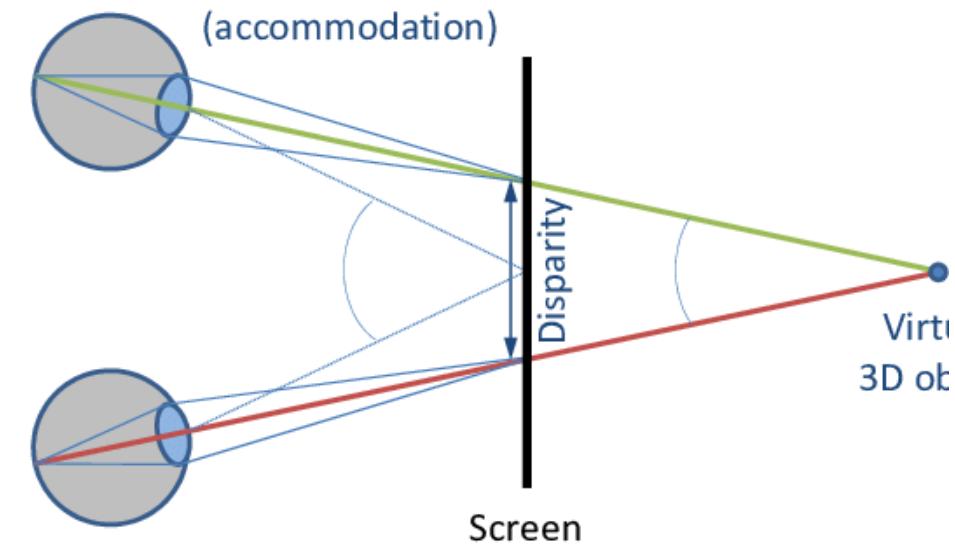
De imágenes a puntos 3D

- En este ejemplo, la posición de un solo punto en el espacio 3D se calcula con mayor precisión, principalmente porque se han tenido en cuenta más imágenes

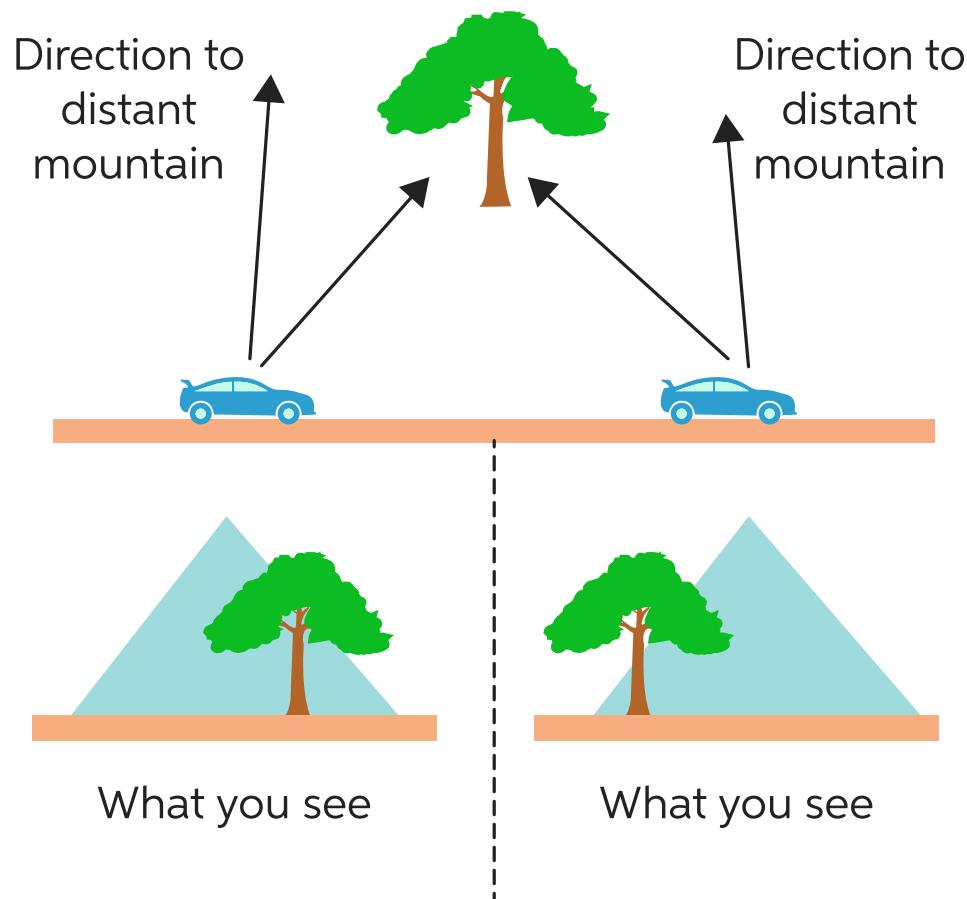


Principios: Estereoscopía

La visión estereoscópica se obtiene mediante la **observación de un punto**, fotografiado **desde dos puntos de vista diferentes**, y donde los puntos homólogos se intersecan, consiguiendo así una visión en 3 dimensiones.



Principios: Paralaje



Cambio aparente de posición de un objeto debido a un cambio de posición del observador.

En fotogrametría se consigue mediante cambios en la posición de la cámara al realizar fotografías.



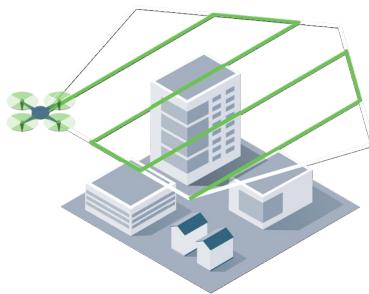
Parámetros externos e internos

- Los **parámetros externos** de una cámara definen la **posición** y la **orientación** de la cámara
- Los **parámetros internos** de una cámara definen las **geometrías del objetivo** y del **sensor de la cámara**

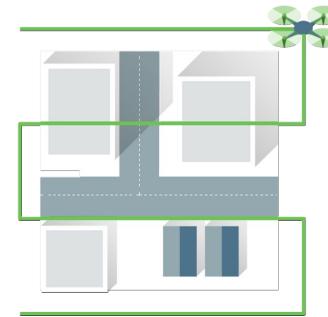


Captura de ímágenes con dron

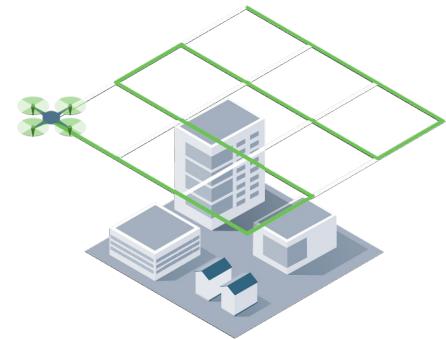
Flight missions



Polygon



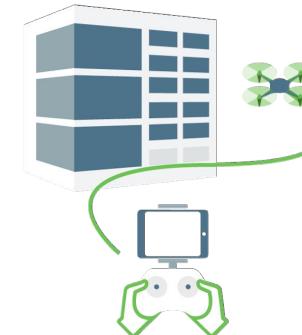
Grid



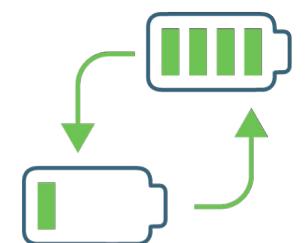
Double grid



Circular



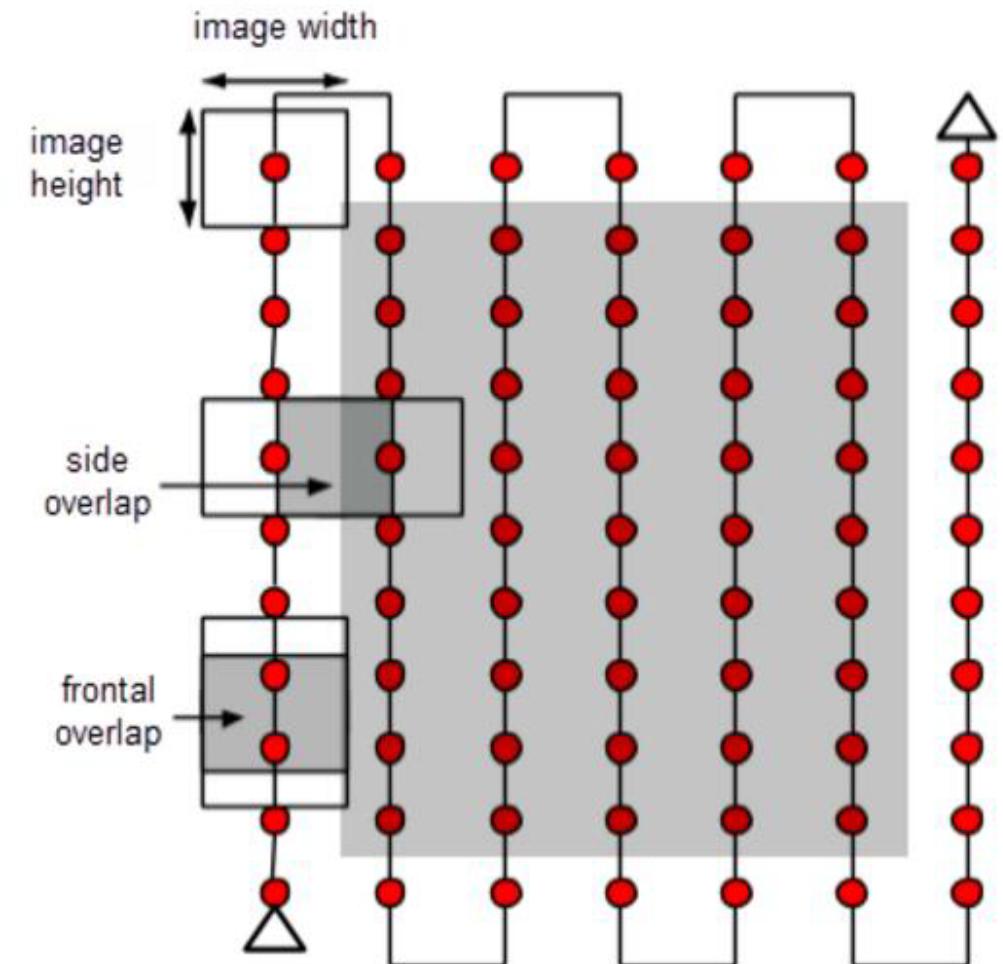
Free flight



Multi-battery

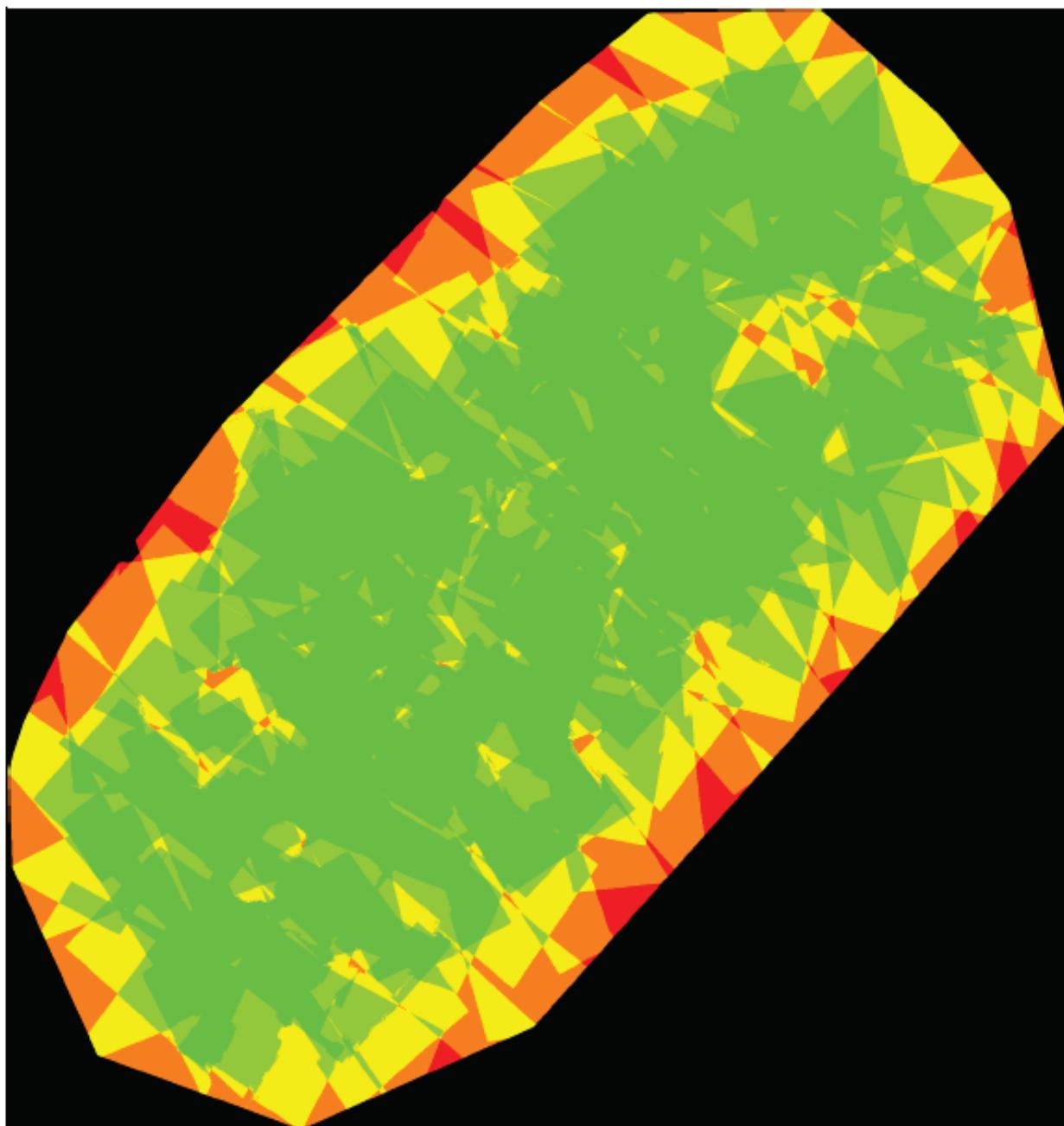
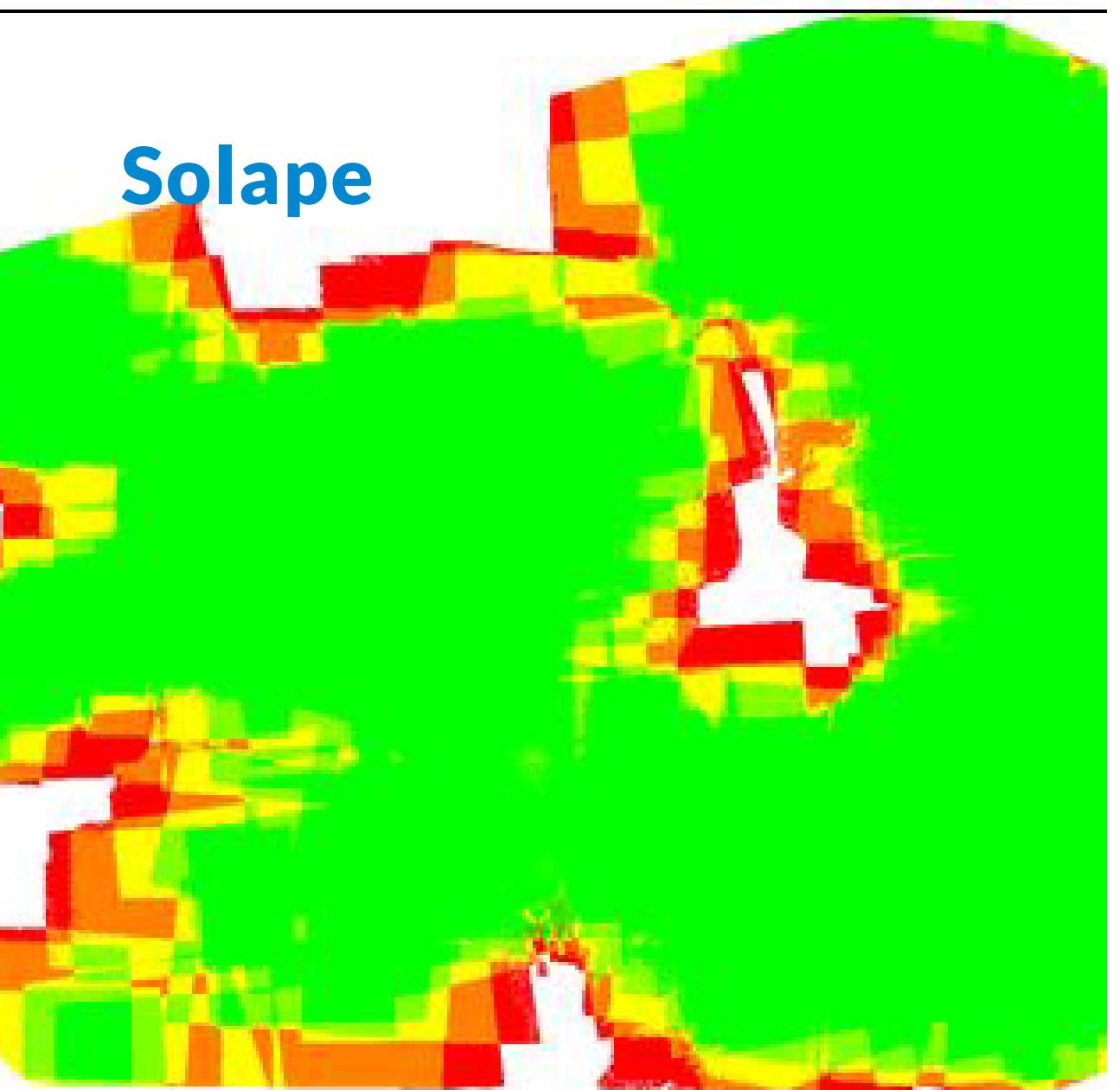


Solape Longitudinal / Transversal



- Recubrimiento entre las pasadas de un vuelo, normalmente expresado en porcentaje.
- La finalidad es la de permitir unir las fotografías mediante estereoscopía.



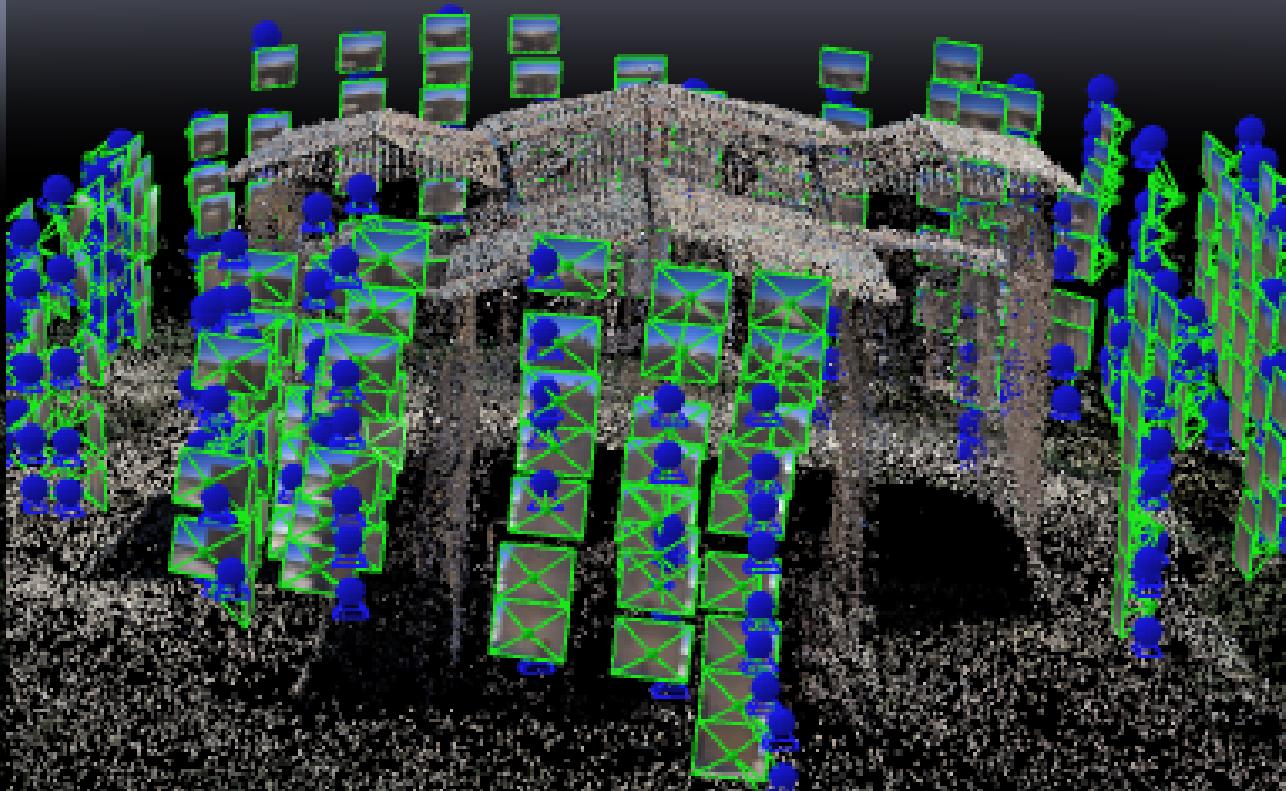
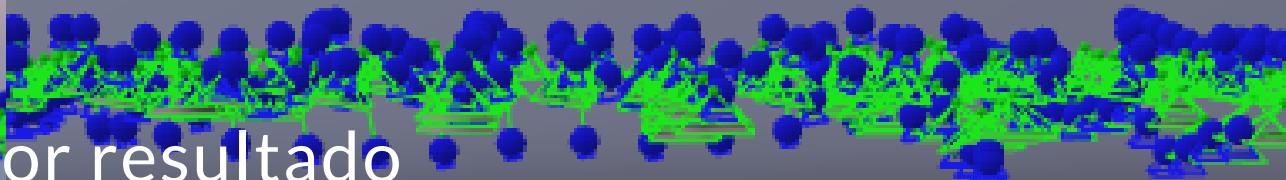
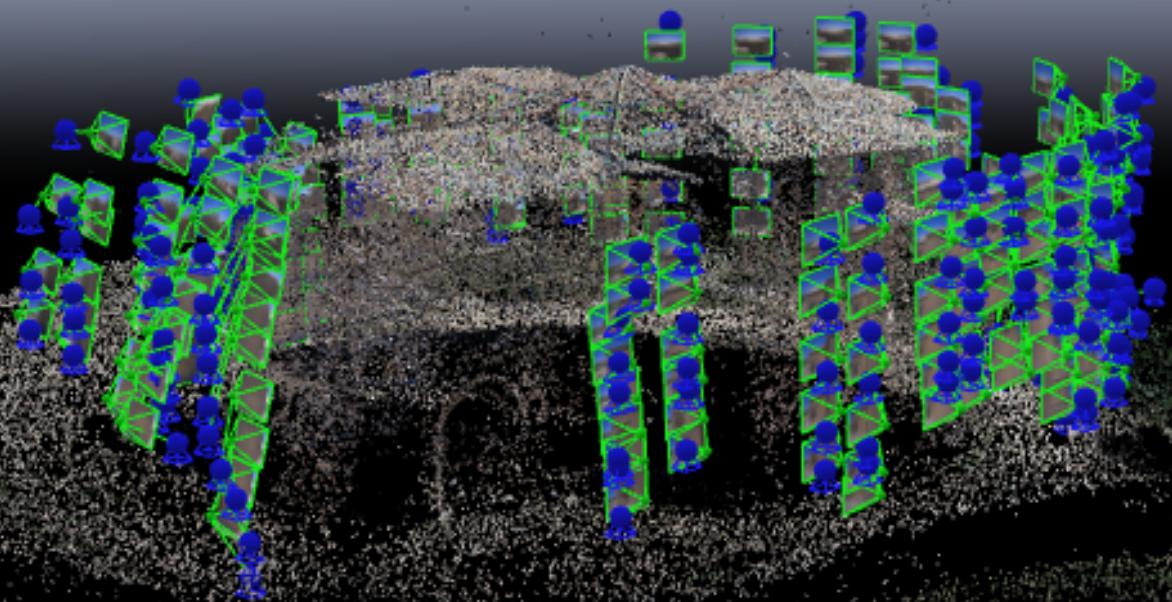


 Number of overlapping images: 1 2 3 4 5+

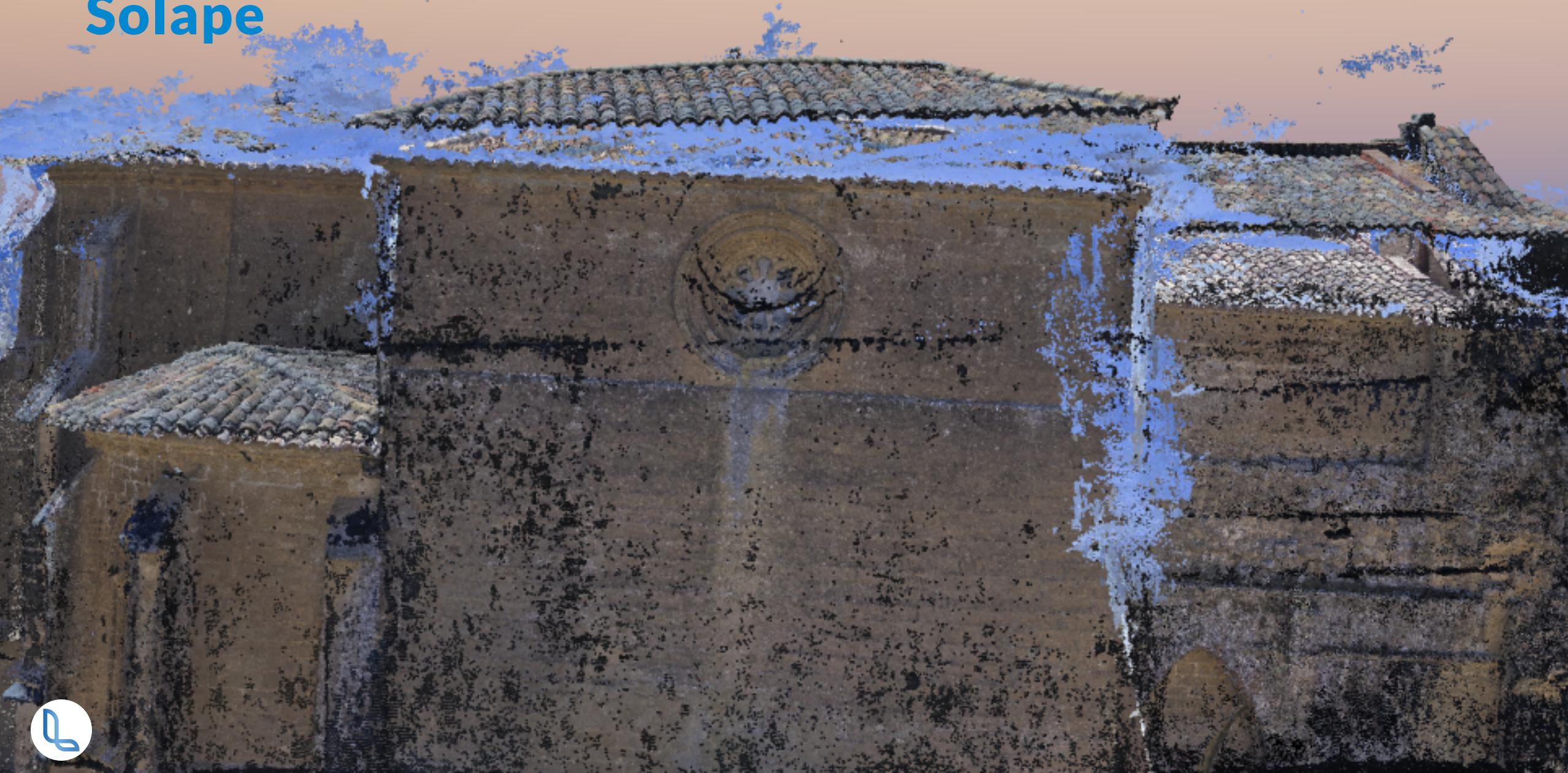
Number of overlapping images: 1 2 3 4 5+

Solape

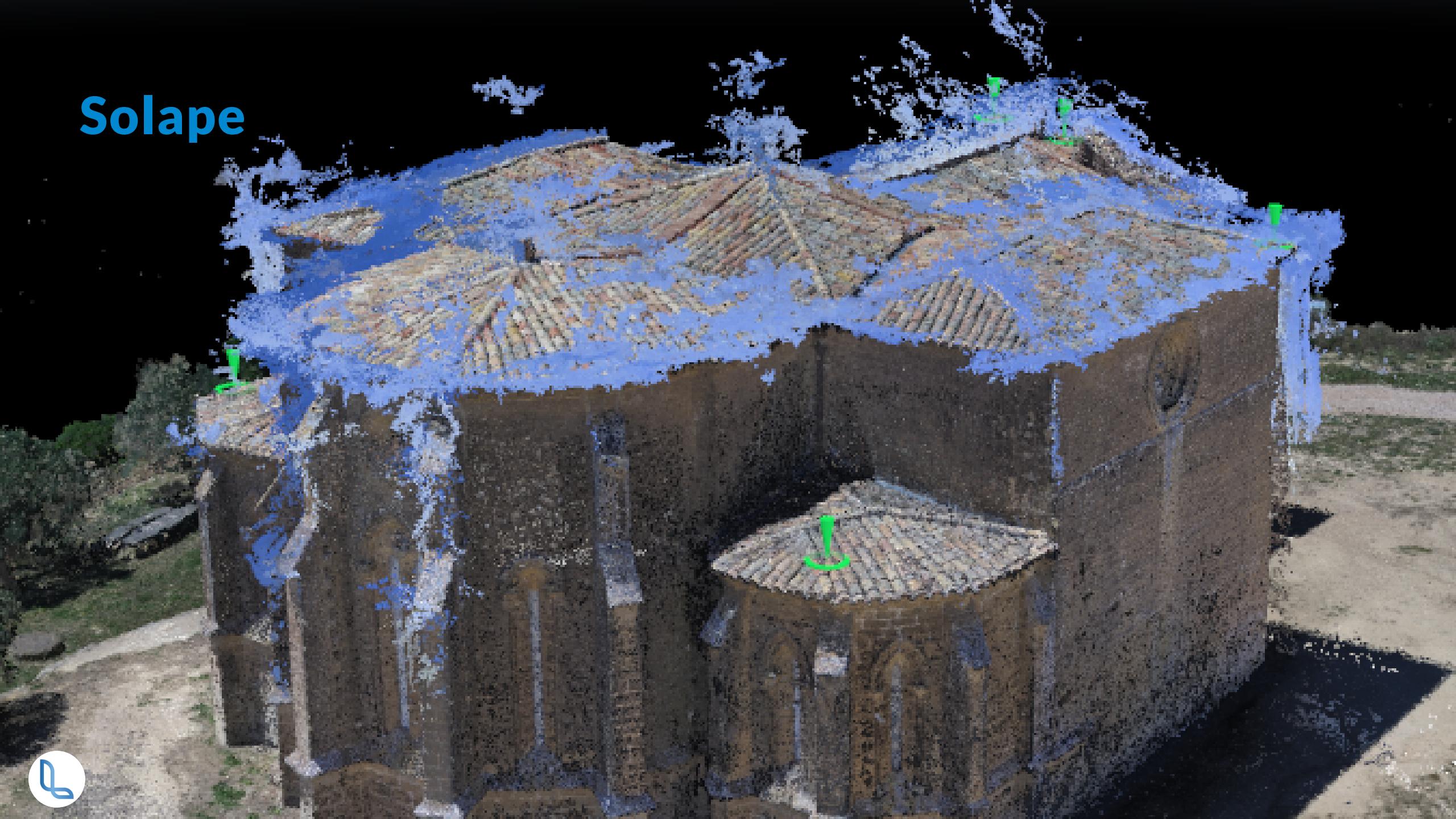
Más imágenes y más ángulos = Mejor resultado



Solape



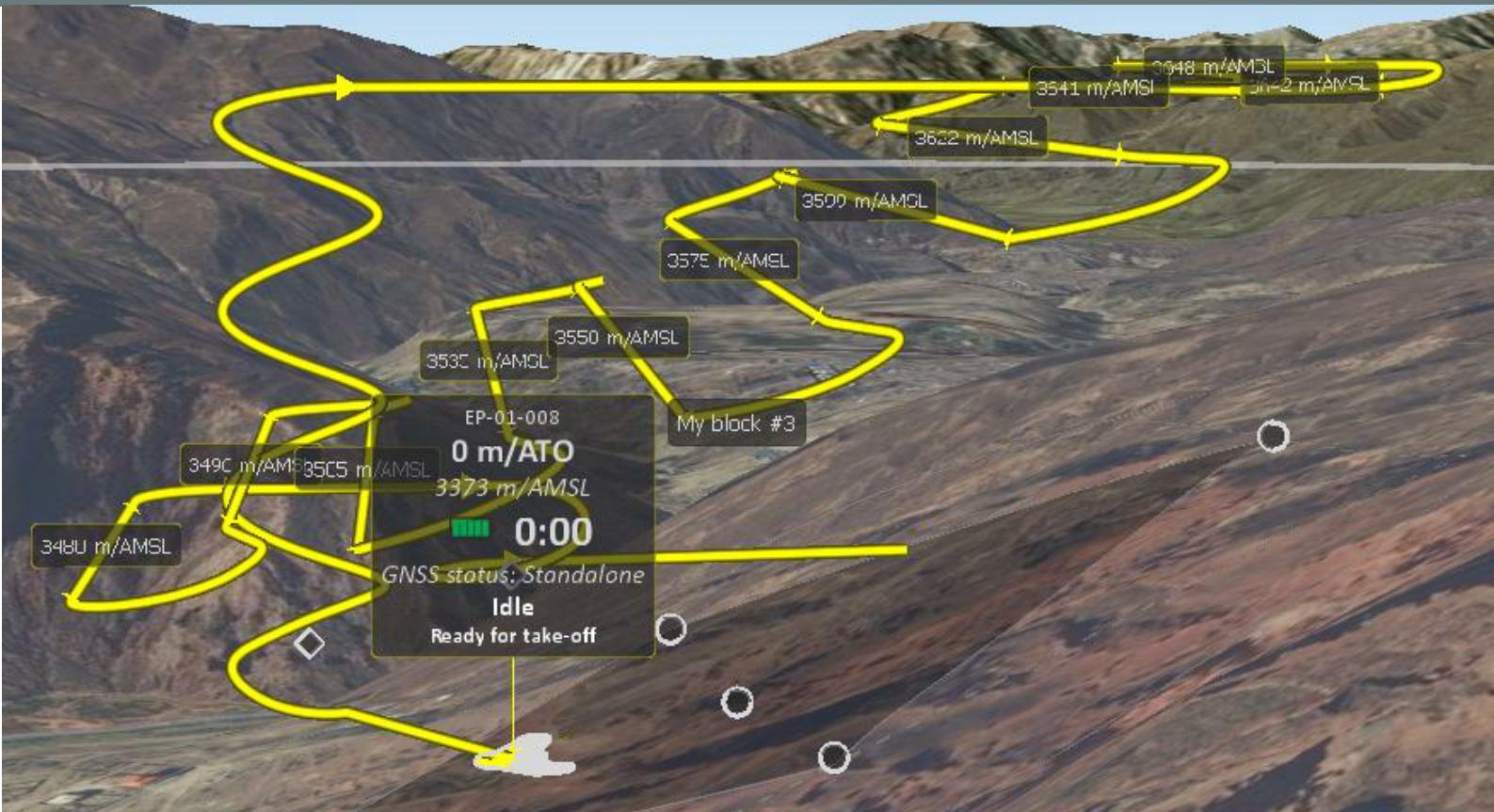
Solape





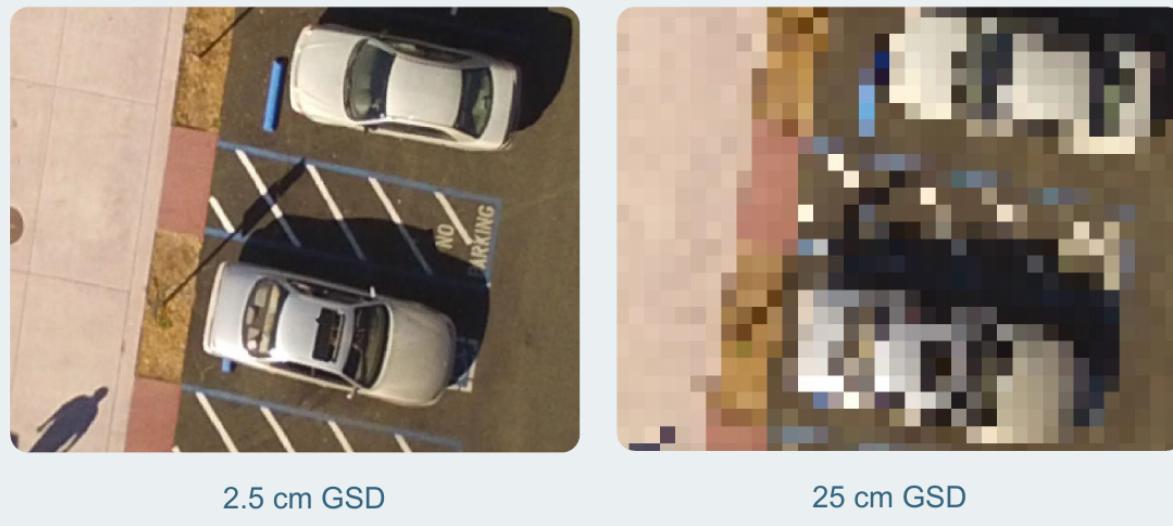
GSD (Ground Simple Distance)

distancia entre dos centros de píxeles consecutivos medidos en el suelo. A mayor valor de la imagen, menor será la resolución espacial y los detalles serán menos visibles.



GSD

- Mayor GSD = Menor resolución espacial (menos detalle)
- Menor GSD = Mayor resolución espacial (más detalle)



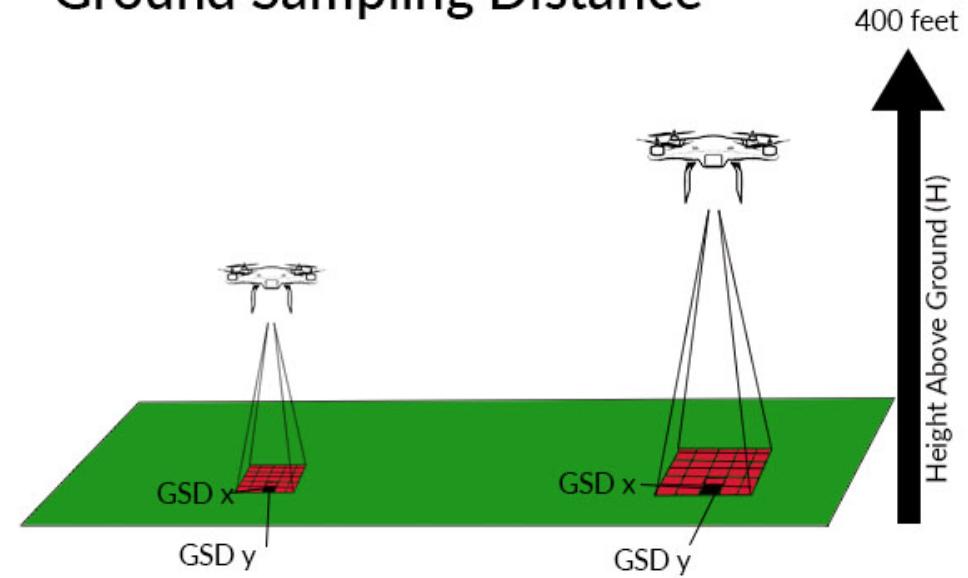
El GSD varía con los cambios de terreno



Precisión a partir del GSD

Cálculo del Ground Simple Distance

Ground Sampling Distance

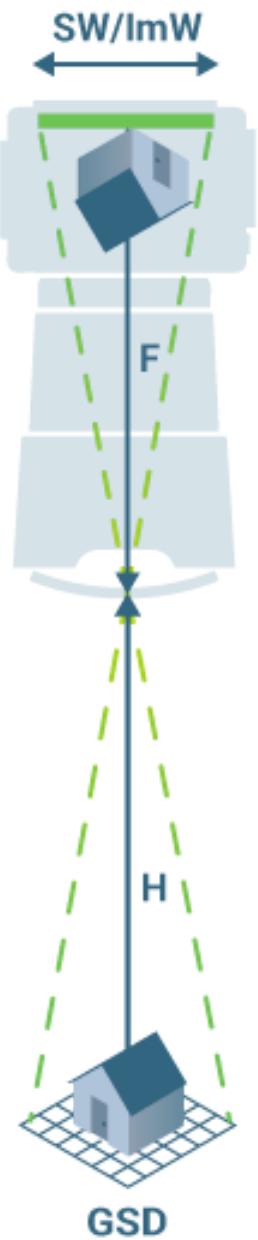


Generally: 1-3 times the GSD

3cm/pixel GSD dataset → Accuracy of 3 - 9cm



GSD



- H** | height in meters
- ImW** | image width in pixels
- GSD** | ground sampling distance
in centimeters/pixels
- F** | focal length in millimeters
- SW** | sensor width in millimeters



GSD

- **A** = altura o distancia [**metros**]
- **Iw** = ancho de imagen [**pixeles**]
- **Fr** = distancia focal [**millímetros**]
- **Sw** = ancho de sensor [**millímetros**]

$$A = \frac{GSD \times I_w \times F_R}{S_w \times 100}$$



La resolución importa

- Una mayor resolución del sensor producirá una representación más detallada en la imagen
- Siempre seleccionar la resolución de imagen más elevada

42 megapixels

16 megapixels

12 megapixels

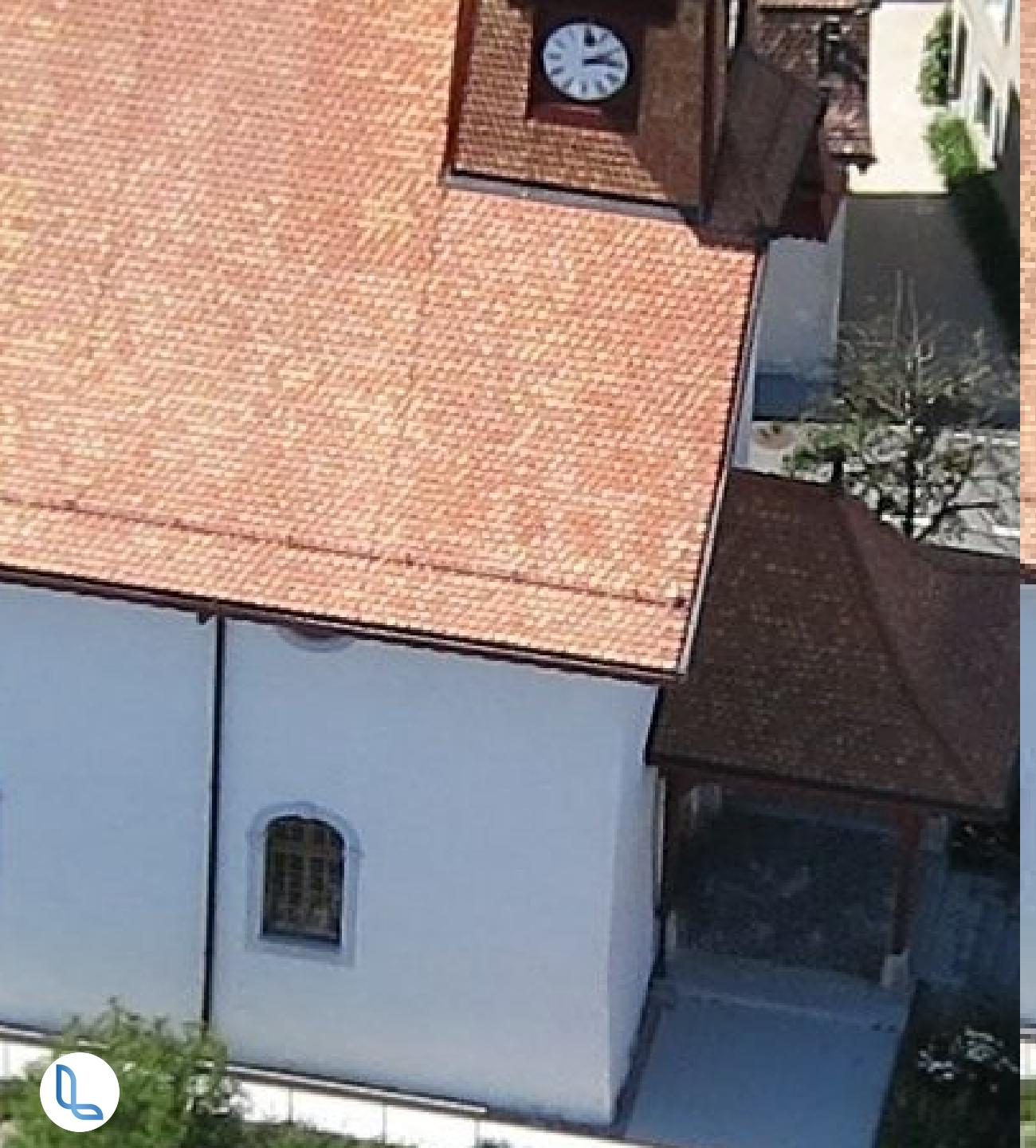


CAMERA SENSOR SIZE COMPARISON CHART

	MEDIUM FORMAT	FULL-FRAME	APS-C	MICRO 4/3	1"	1/2.55"
PICTURE						
SENSOR SIZE	53.0 X 40.20 MM	35.00 X 24.00 MM	23.6 X 15.60 MM	17.00 X 13.00 MM	12.80 X 9.60 MM	6.17 X 4.55 MM
CROP FACTOR	0.64	1	1.52	2	2.7	5.62
CAMERA						







Número de Puntos de Paso Automáticos: 7392

Posición Calculada[m]: 313609.00, 5162870.05, 713.79

Orientación Inicial

Initial Position [m]: 313609.38, 5162870.29, 712.27

Orientación Inicial (Omega, Phi, Kappa) [grado]: 48.98, -18.83, 164.19

Precisión Inicial (Horizontal, Vertical) [m]: 6.08, 4.84



Número de Puntos de Paso Automáticos: 2668

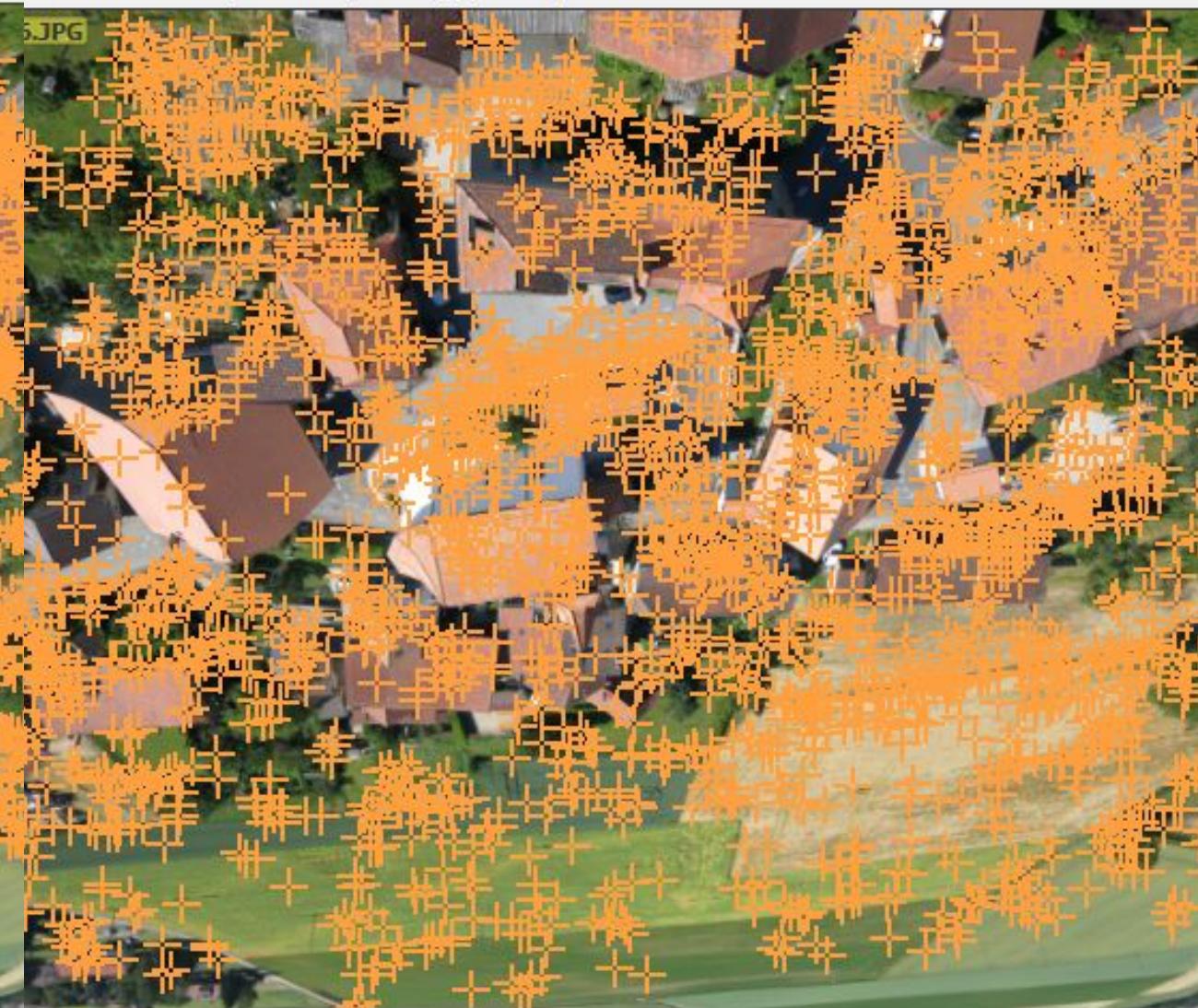
Posición Calculada[m]: 313609.00, 5162869.94, 713.87

Orientación Inicial

Initial Position [m]: 313609.38, 5162870.29, 712.27

Orientación Inicial (Omega, Phi, Kappa) [grado]: 48.98, -18.83, 164.19

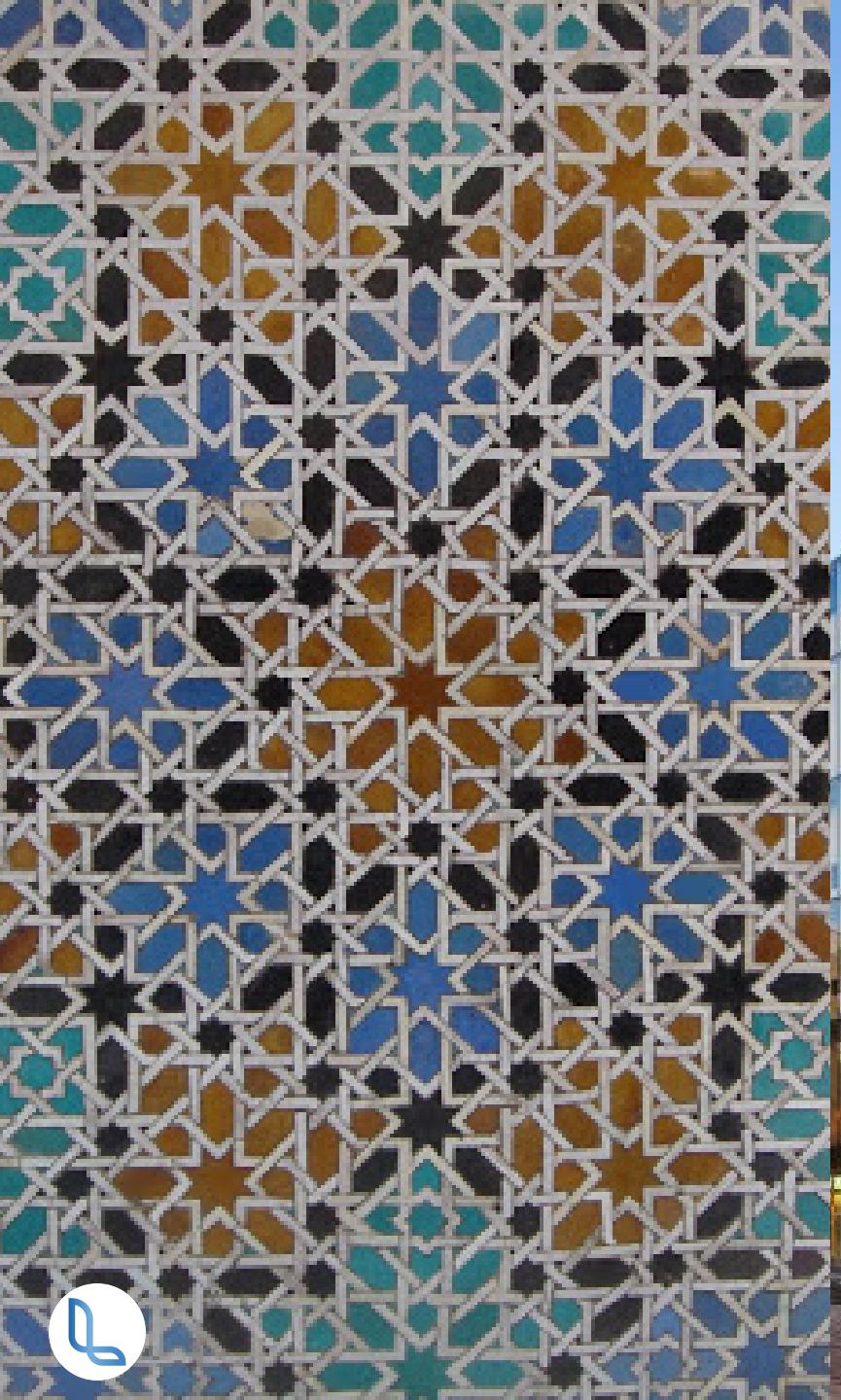
Precisión Inicial (Horizontal, Vertical) [m]: 6.08, 4.84



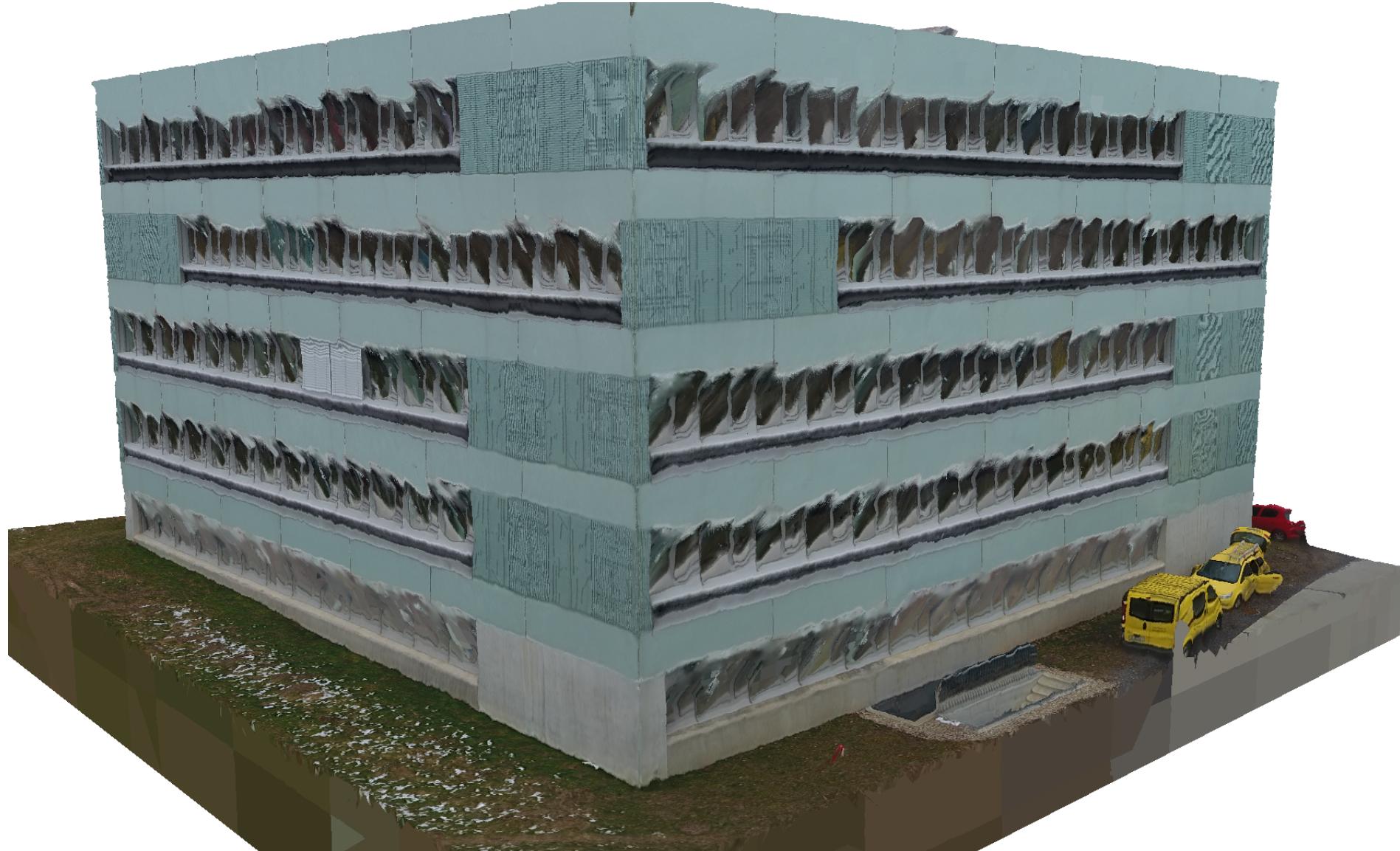
La fotogrametría no siempre funciona

- Objetos o superficies sin detalles
- patrones para reconstruir la geometría
- Metales, cristal u objetos transparentes









Hablemos de precisión.
¿Para qué se utiliza un
dron en
topografía/cartografía?



Tipo de sensor	Precio	Precisión
	0€	15-30 metros
	200€	15-30 metros
	800€	15-30 metros
	2000€	15-30 metros
	12000€	15-30 metros



Tipo de sensor	Reconstrucción de L2	Precisión
	No la realiza	15–30 metros
	No la realiza	15–30 metros
	No la realiza	5–15 metros
	No la realiza	1–3 metros
	Reconstruye la señal y el código P	0.02–0.03 metros

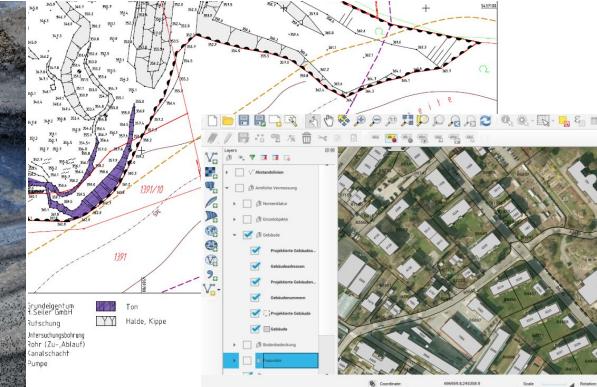




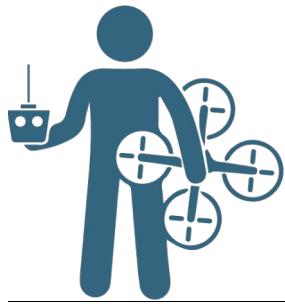
Capture (inputs)

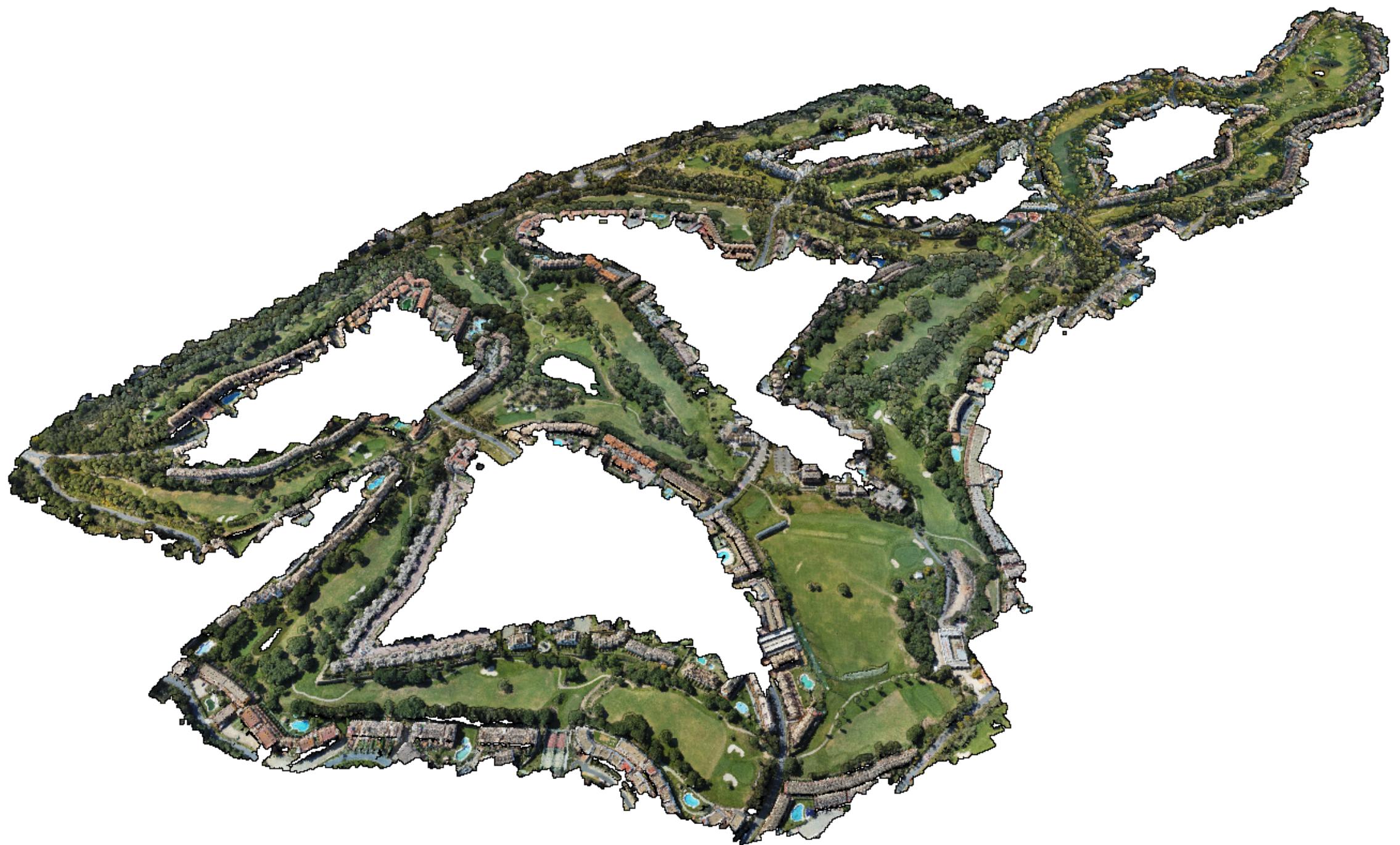


Process (outputs)



CAD/GIS



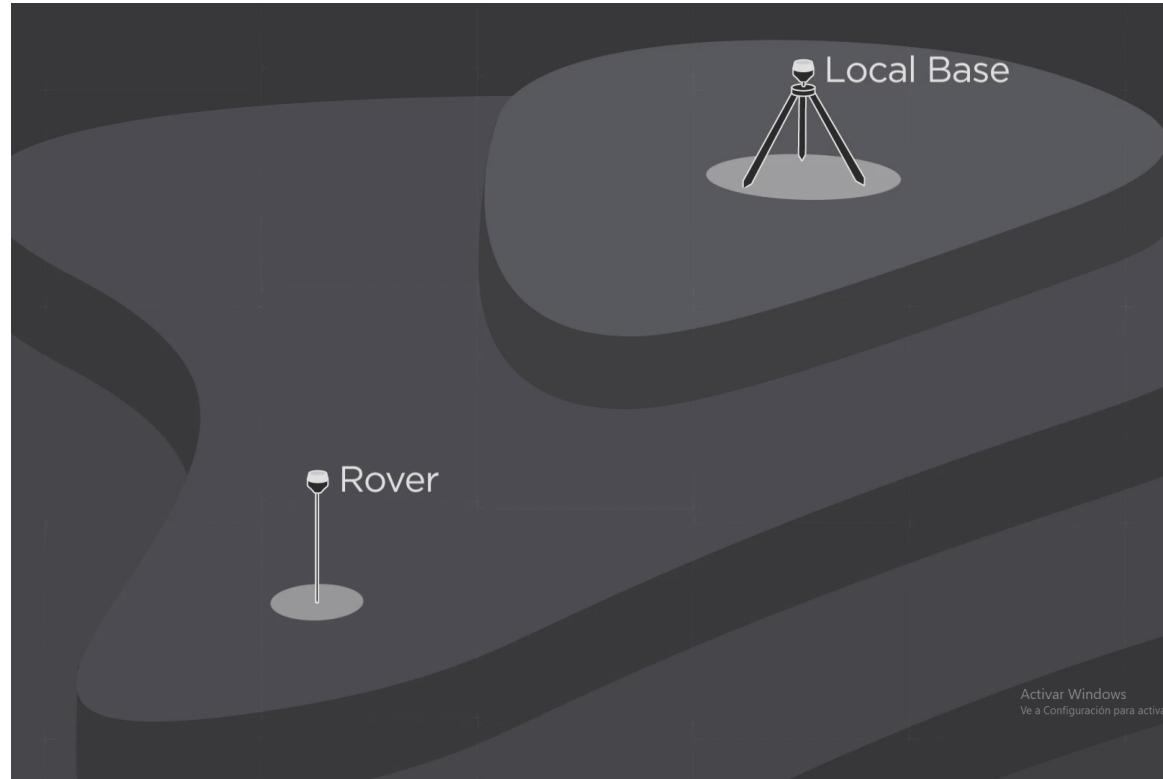


Conceptos básicos.

Necesito más precisión

Opción 1

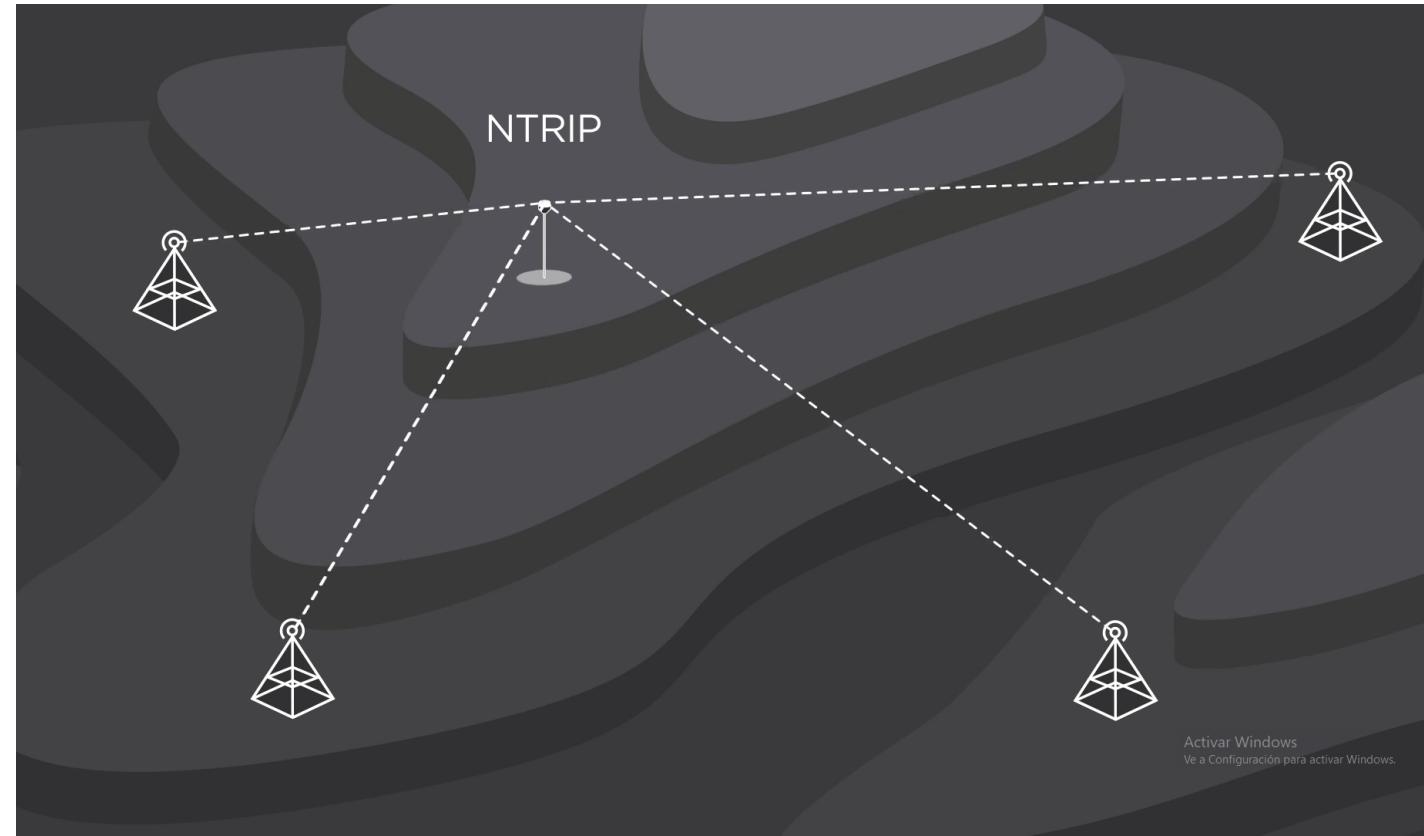
El topógrafo utiliza dos aparatos (Rover y base) que comunican vía radio, uno para ponerlo en un punto de coordenadas conocidas, y otro donde se trabajaba.



Conceptos básicos. Necesito más precisión

Opción 2

También se pueden utilizar antenas colectivas que transmiten datos vía Internet-Móvil, por ejemplo la [red geodésica de Aragón](#)



Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.



Conceptos básicos. Opción 2

Solo necesito conexión a internet. Me conecto al servidor y recibo las correcciones de mi posición, pudiendo obtener precisiones centimétricas con mi GPS (rover).

[Servicio de Posicionamiento en Tiempo](#)

[Real - Aragea](#)

[Servicio de Posicionamiento en Tiempo](#)

[Real - IGN](#)



Drones con RTK

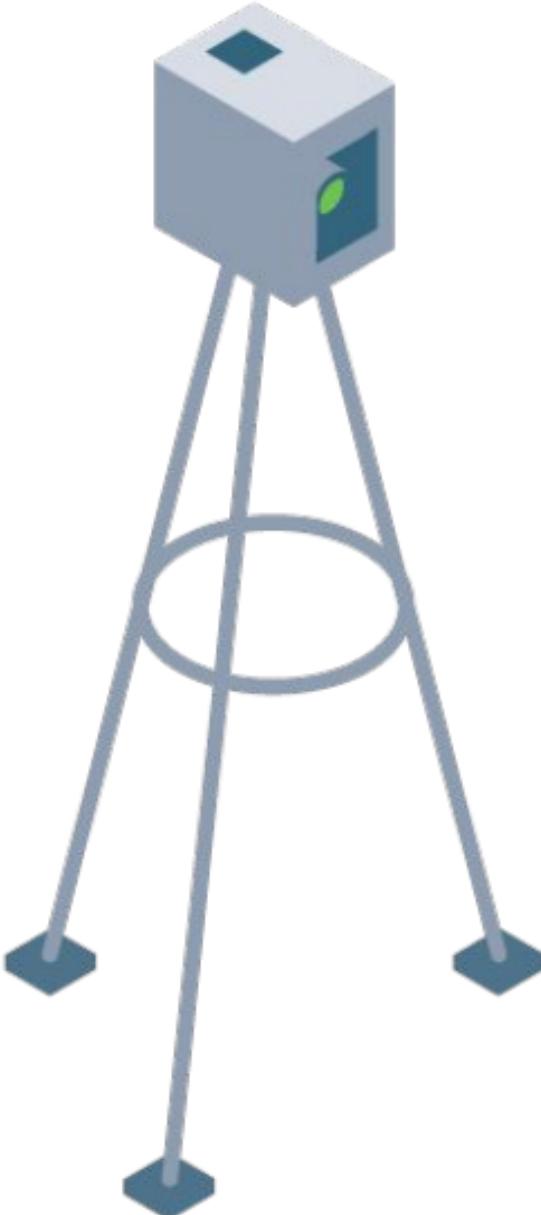


Drones sin RTK



Ground Control Points (GCPs)





Adquirir puntos de apoyo. Cómo medir la posición de un objetivo de GCP

- Los GCPs se miden comúnmente con un receptor GNSS RTK / PPK o una estación total. Nos dan:
 - Posición
 - Orientación
 - Escala

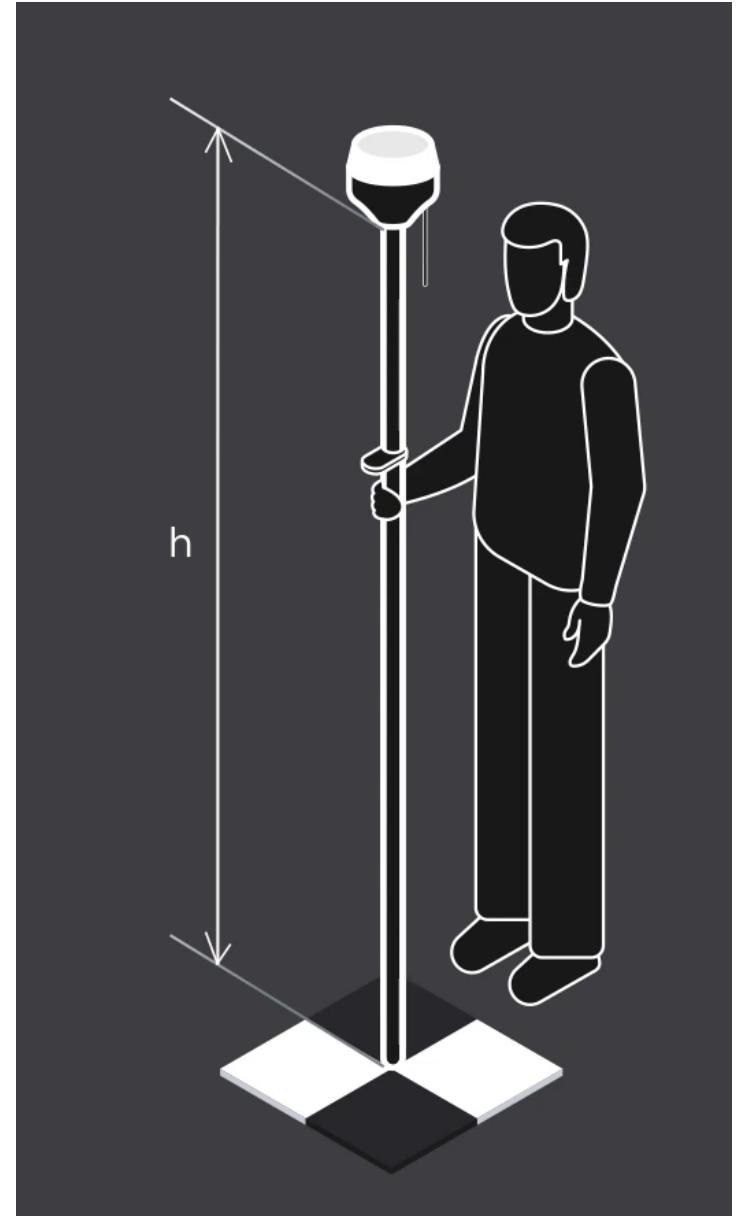


Adquirir puntos GPS de apoyo. Datos exportados de un GPS RTK

ID	X	Y	Z
1	672462.729	4677541.129	641.174
2	672476.875	4677543.293	641.628
3	672474.134	4677556.679	639.873
4	672497.089	4677565.651	641.346
5	672524.231	4677563.080	640.912
6	672534.331	4677555.981	639.723
7	672519.130	4677543.962	640.388



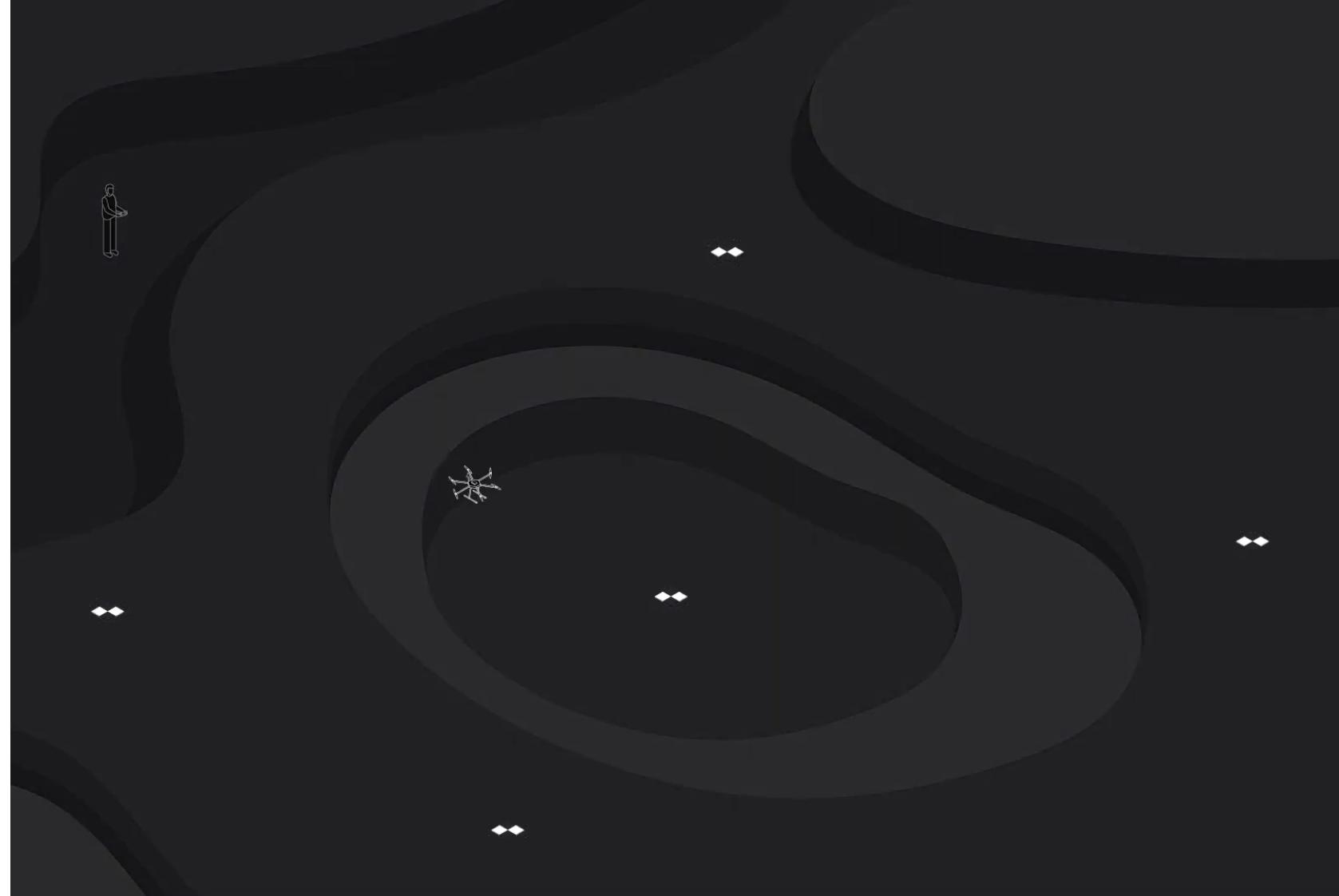
Adquirir puntos GPS de apoyo. Toma de datos con GPS RTK



Adquirir puntos GPS de apoyo. Toma de datos con GPS RTK



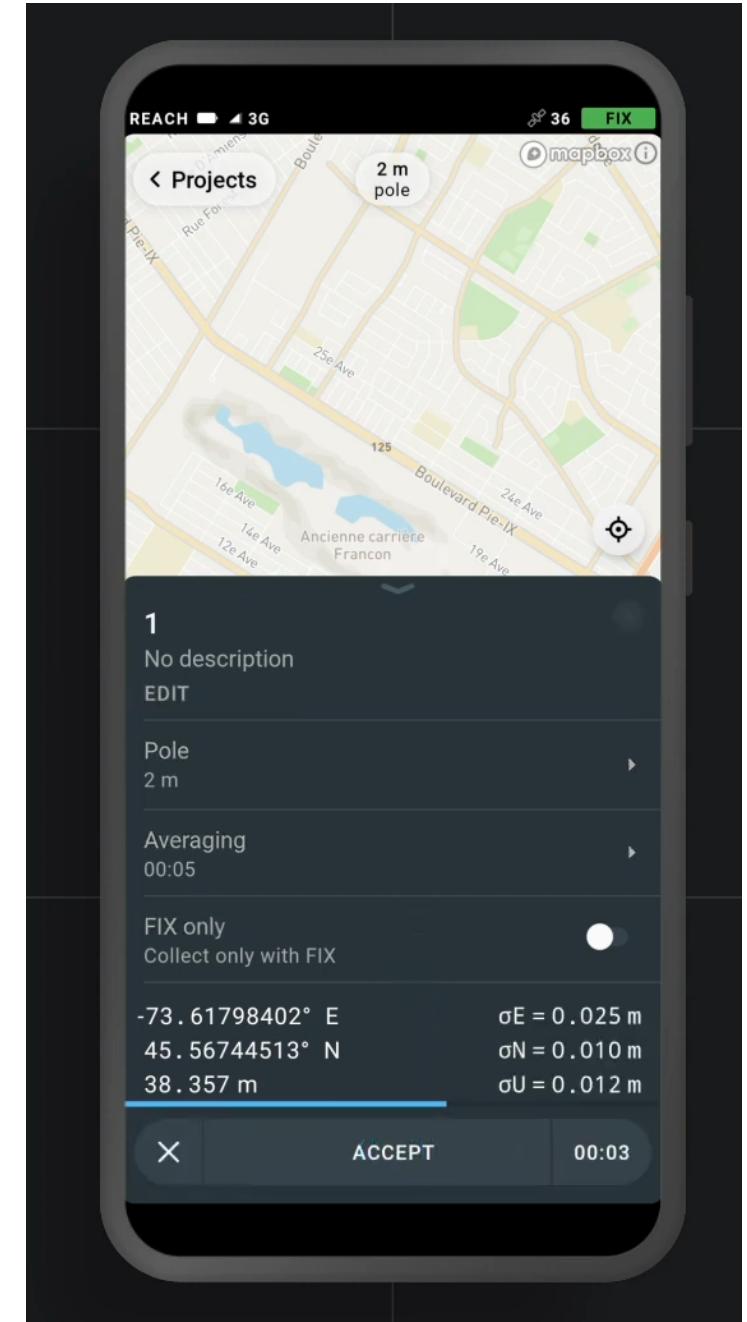
Adquirir puntos GPS de apoyo. **Colocar GCP en campo**



Adquirir puntos GPS de apoyo. Toma de datos con GPS RTK

https://youtu.be/4tm3bJcf_wk

https://youtu.be/BwAx5-Wqd_A



Ejemplos de proyectos

Monitorización de los recursos hidrológicos nivales: [el glaciar de Monte Perdido \(Huesca\)](#)





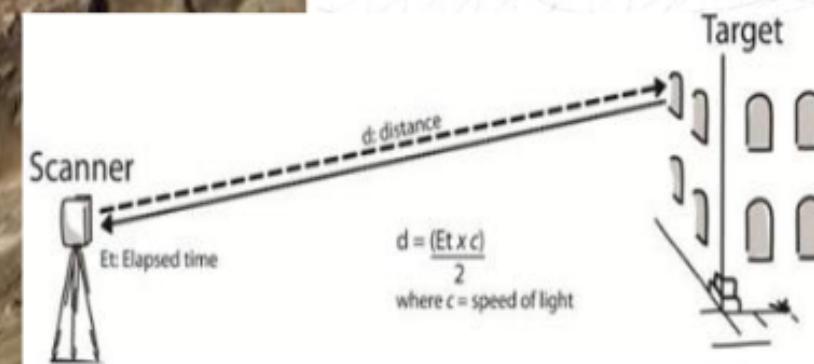
 Glaciares de Monte Perdido desde el altiplano de Marboré.
Fotografía de F. Biarge, 27 de julio de 1978.

1981



2011

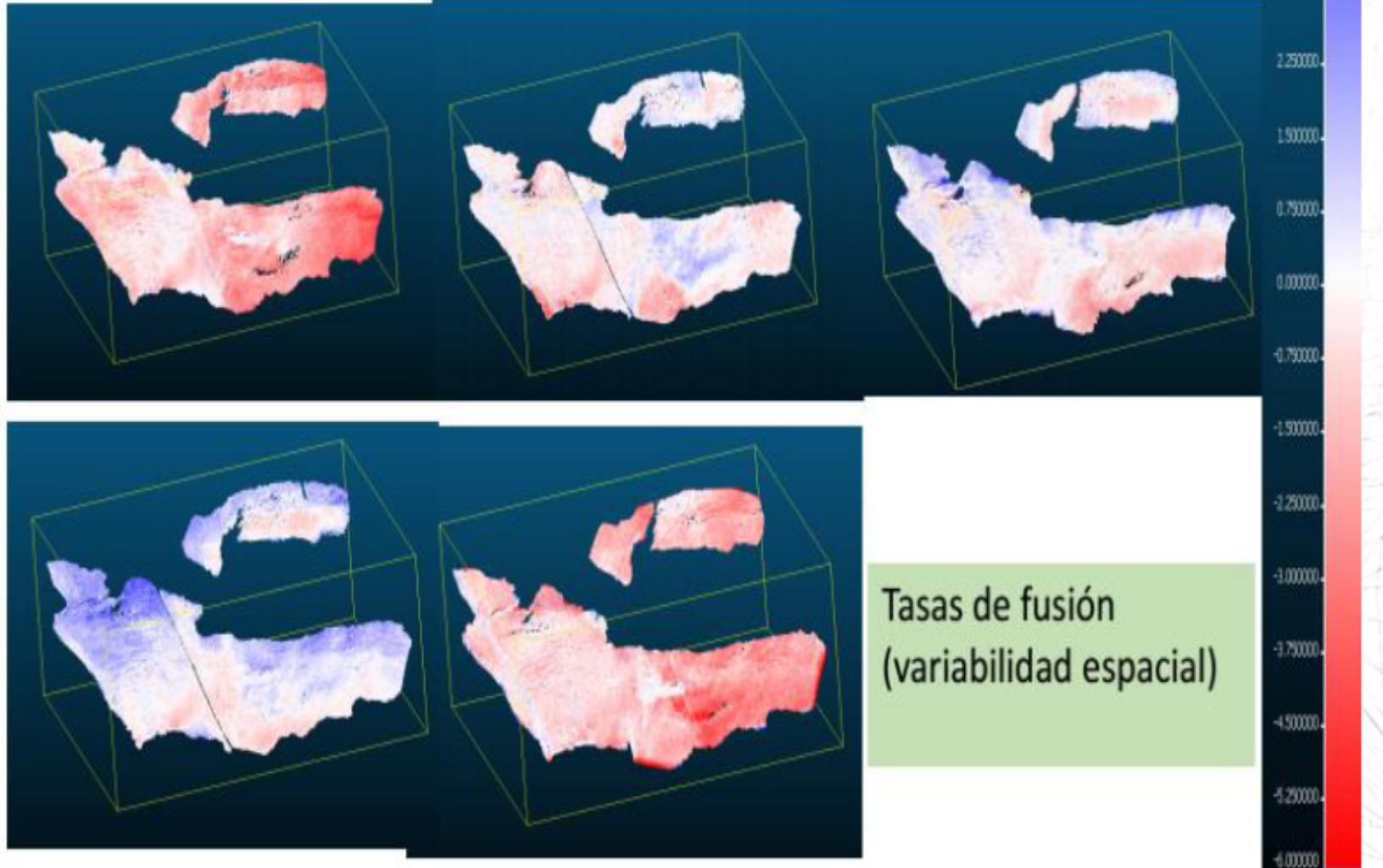




De tiempo de vuelo:
Distancias largas

Resultados interanuales

6- Comparación con nubes de puntos de años anteriores

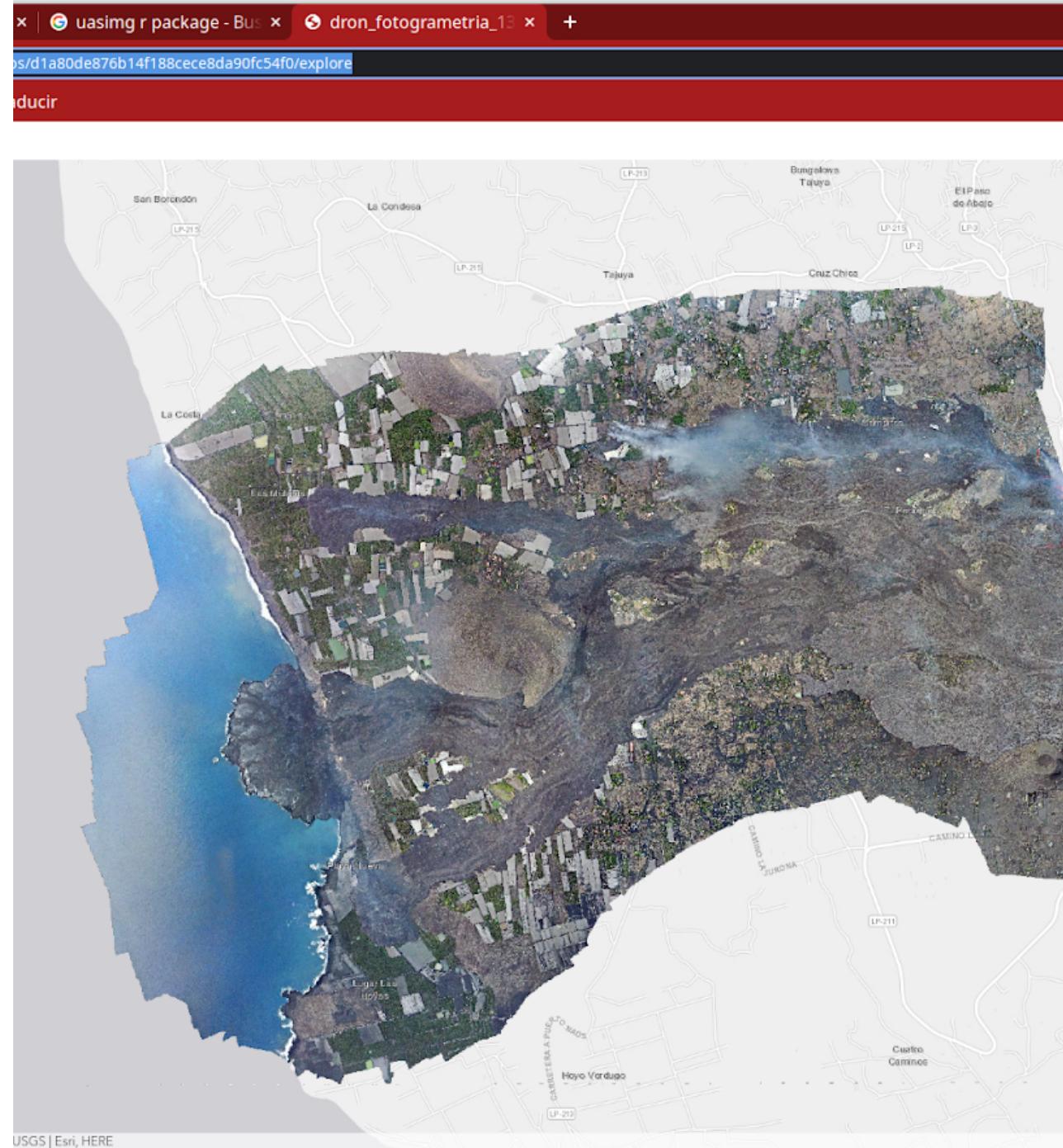


Seguimiento de la erupción

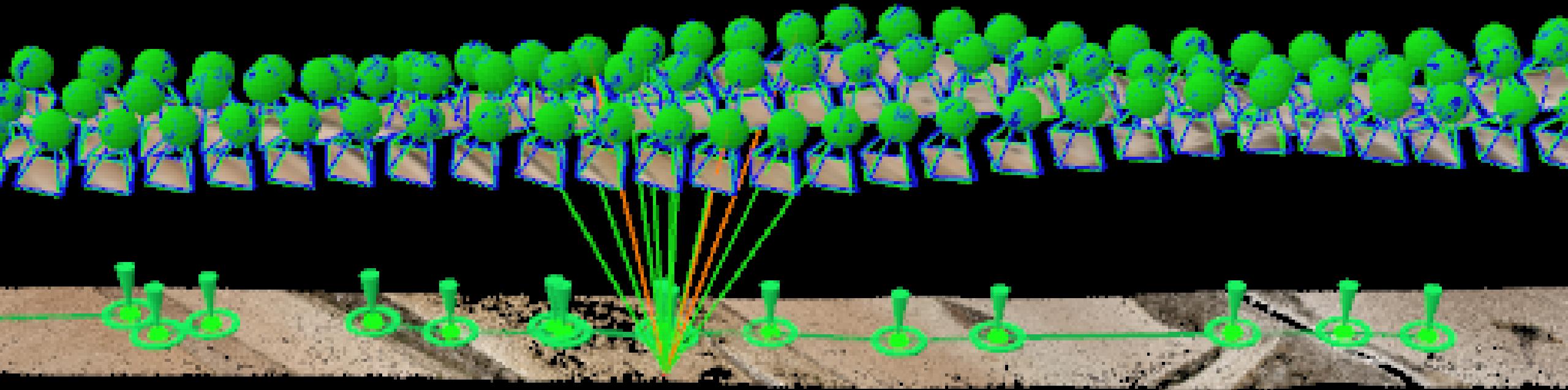
Proyecto QGIS

13/10

18/10



Extracción de altura de líneas de alta tensión por fotogrametría y estereoscopía



Extracción de altura de líneas de alta tensión por fotogrametría y estereoscopía



Extracción de altura de líneas de alta tensión por fotogrametría y estereoscopía



Software



Pix4D software and hardware solutions

Software applications (desktop and cloud)



Mobile applications



Hardware



Procesamiento con Pix4D



Procesamiento datos LIDAR con DJI Terra - Matrice 300 RTK



Práctica con Agisoft Metashape



Práctica con Agisoft Metashape

- Descarga el proyecto
 - [Plantación aguacates](#)
 - [Finca con dron sin rtk y sin GCP](#)
 - [Finca con dron RTK](#)
- Descarga [Agisoft](#)



Práctica con Cloud Compare

- Descarga la [nube de puntos](#)
- Descarga [Cloud Compare](#)

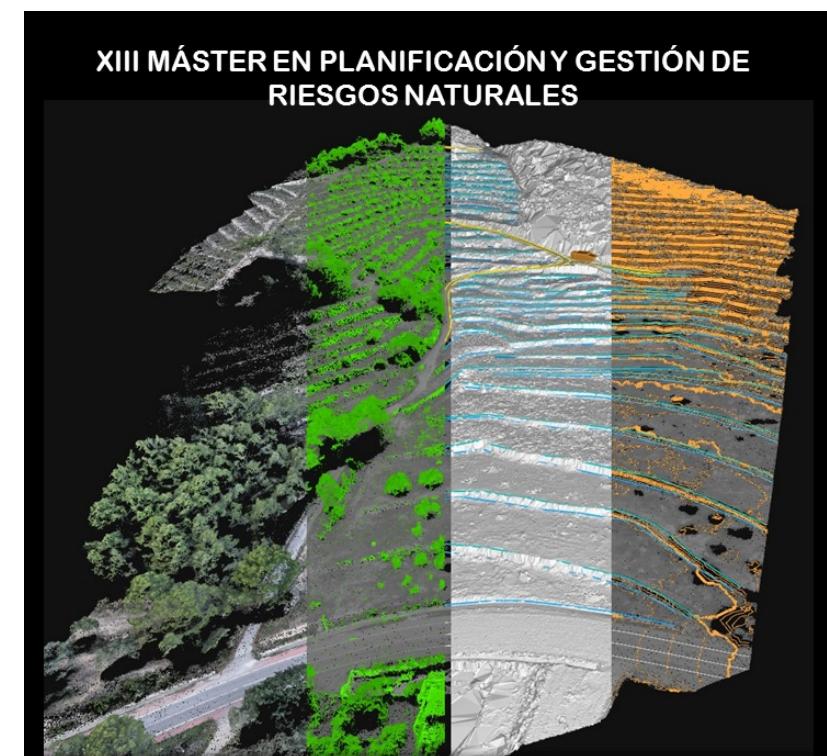


Gracias!

X / joan@liberam.es

in / liberam-technologies

Instagram / _liberam



TÉCNICAS DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA
El uso de drones para la generación de modelos digitales del terreno

JOAN CANO ALADID

Geógrafo especialista en SIG y Teledetección (LIBERAM)

10 y 24 de marzo de 2023

