



Cofinanciado por
la Unión Europea

MÓDULO 02

FOTOGRAMETRÍA Y ESCANEEO 3D

DIGITAL RURAL EUROPEAN ART
AND MEMORY



Socios del proyecto



Project DREAM
Digital Rural European Art and Memory
2025-1-SK01-KA210-ADU-000360122



Cofinanciado por
la Unión Europea

Información del proyecto:

DREAM - Digital Rural European Art and Memory
2025-1-SK01-KA210-ADU-000360122

Financiado por la Unión Europea. Sin embargo, las opiniones y posturas expresadas son responsabilidad exclusiva del/de los autor/es y no reflejan necesariamente las de la Unión Europea ni las de SAAIC. Ni la Unión Europea ni la entidad financiadora se hacen responsables de ellas.



Cómo usar este libro electrónico

Puede leer este material antes, durante o después de la sesión. Cada sección presenta un concepto, explica la teoría básica que lo respalda y lo conecta con una decisión práctica que los participantes podrían tener que tomar en un proyecto real.

Las actividades están diseñadas para ayudar a los participantes a observar, comparar, tomar decisiones y practicar con criterio. No requieren equipamiento avanzado. En muchos casos, un teléfono inteligente, un objeto sencillo y un ejercicio de observación cuidadoso son suficientes para comprender el principio.



*Arquitectura tradicional de
madera en Podbiel, Eslovaquia.*

INFORMACIÓN DEL MÓDULO

 Número de módulo 02	 Nivel Principiante
 Tema Introducción práctica a la fotogrametría, los drones, WebODM y el escaneo 3D.	 Formato Aprendizaje híbrido
 Duración 3 horas	 Salida principal Plan de documentación 3D del patrimonio

Acerca de este módulo

Este e-book acompaña al módulo DREAM dedicado a la fotogrametría y al escaneo 3D. Su objetivo es ayudar a los participantes a comprender cómo pueden utilizarse las fotografías, las imágenes captadas con drones y las técnicas de captura 3D para documentar objetos, edificios, paisajes y elementos del patrimonio cultural en formato digital.

La fotogrametría es una técnica de medición que utiliza fotografías superpuestas para reconstruir la forma, la posición y la apariencia visual de un objeto o espacio real. Cuando estas fotografías se procesan mediante software especializado, pueden generar nubes de puntos, modelos 3D texturizados, ortofotos, modelos de elevación e informes técnicos. Estos resultados pueden utilizarse con fines educativos, de conservación e interpretación del patrimonio, así como para crear exposiciones virtuales y proyectos relacionados con la memoria de las comunidades.

En este módulo utilizamos WebODM como principal herramienta de fotogrametría. WebODM es una plataforma de código abierto que permite a los usuarios cargar conjuntos de imágenes, procesarlos y revisar los resultados obtenidos en 2D y 3D a través de una interfaz web. Para los participantes, resulta especialmente útil porque permite visualizar todo el flujo de trabajo: conjunto de datos, tarea de procesamiento, resultados, informe, revisión y exportación.

Los drones se incluyen porque se utilizan ampliamente para capturar imágenes destinadas a la fotogrametría. Permiten documentar tejados, fachadas, monumentos, zonas arqueológicas y paisajes culturales desde posiciones a las que resulta difícil o poco seguro acceder desde el suelo. El uso de drones también implica importantes responsabilidades relacionadas con la planificación del vuelo, la seguridad, los permisos, la privacidad, las condiciones meteorológicas y el respeto de las restricciones aplicables al patrimonio cultural. Los participantes no necesitan dominar todos los detalles técnicos, pero sí deben comprender cuándo resulta útil cada método y cuáles son sus principales limitaciones.



Objetivos de aprendizaje

- Comprenda qué es la fotogrametría y cómo transforma fotografías superpuestas en resultados digitales en 3D.
- Explique, a un nivel básico, el emparejamiento de características, la estimación de la posición de la cámara, las nubes de puntos, las mallas, las texturas y las ortofotos.
- Identifique usos prácticos de la fotogrametría y el escaneo 3D en la educación, la cultura, el patrimonio y los proyectos comunitarios.
- Reconozca el papel de los drones en la captura de imágenes para la documentación de edificios, paisajes y patrimonio cultural.
- Comprenda los principios básicos de una buena captura de imágenes: solapamiento, cobertura, iluminación, nitidez, ángulos de cámara y textura.
- Planifique un flujo de trabajo sencillo de captura de imágenes para un objeto, edificio o espacio patrimonial al aire libre.
- Utilice WebODM a un nivel básico para comprender el flujo de trabajo de procesamiento, desde las imágenes hasta los resultados finales.
- Aliente consideraciones de seguridad, privacidad, legales y éticas cuando intervengan drones o sitios patrimoniales.
- Analice errores comunes en los resultados de fotogrametría y proponga mejoras prácticas.
- Documente un proyecto sencillo de captura de patrimonio con metadatos claros, organización de archivos y propósito.

Índice

0. Antes de empezar: mi punto de partida	3
1. ¿Qué es la fotogrametría?	4
2. Usos reales de la fotogrametría y el escaneo 3D.....	8
3. Fotogrametría, drones y patrimonio local.....	12
4. Tecnologías básicas: fotogrametría y escaneo 3D.....	17
5. Equipo de captura: cámaras, teléfonos inteligentes, drones y escáneres	21
6. Conjuntos de datos de imágenes y planificación de vuelos	25
7. Seguridad, permisos y preparación del emplazamiento.....	29
8. De las fotografías a un modelo 3D	33
9. WebODM: proyectos, procesamiento y resultados	37
10. Calidad, precisión y errores comunes de reconstrucción.....	41
11. Trabajar con nubes de puntos, ortofotos y modelos 3D.....	44
12. Gestión básica de datos y documentación	47
13. Introducción a los flujos de trabajo de fotogrametría con drones	51
14. Actividad final: Plan de documentación 3D del patrimonio	55
15. Consejo de bienestar digital	57
16. Glosario básico.....	58
16. Cierre del módulo.....	60

0. Antes de empezar: mi punto de partida

Antes de empezar el módulo, puntúa cada afirmación del 1 al 5. Utiliza el 1 cuando aún no puedas realizar la tarea y el 5 cuando puedas hacerla de forma autónoma. Esto no es un examen. Es una forma de identificar tu punto de partida y, más adelante, reconocer tu progreso.

- Puedo explicar cómo se pueden utilizar las fotografías para crear un modelo 3D.
- Sé planificar cómo tomar fotografías superpuestas de un objeto, un edificio o un lugar de interés patrimonial.
- Puedo elegir un método de captura adecuado, como un smartphone, una cámara, un dron o un escáner 3D.
- Sé identificar cuestiones básicas relacionadas con la seguridad, la privacidad y los permisos antes de documentar un lugar u objeto.
- Puedo explicar el proceso básico, desde la recopilación de fotografías hasta la revisión de los resultados de la fotogrametría.

Anota tus valoraciones. Volverás a estas mismas afirmaciones al final del módulo.

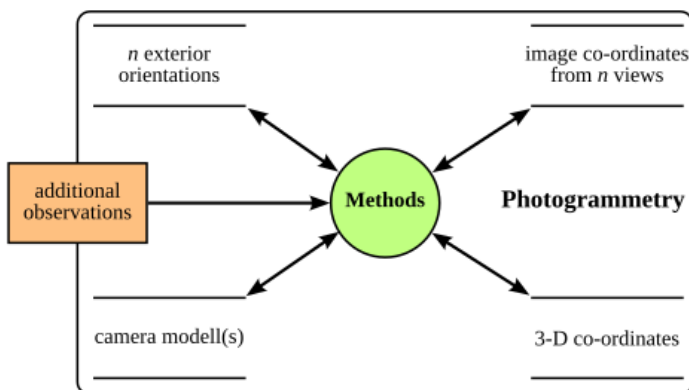
1. ¿Qué es la fotogrametría?

La fotogrametría es una técnica que permite crear mediciones, mapas o modelos 3D a partir de fotografías. La idea básica es sencilla: si un mismo punto aparece en varias imágenes tomadas desde posiciones diferentes, el software puede comparar esas imágenes y calcular dónde se encuentra ese punto en el espacio. Este cálculo se basa en **la triangulación**. Cuando dos o más posiciones de cámara observan el mismo elemento, el software estima las líneas de visión desde cada cámara y determina dónde se cruzan en el espacio tridimensional. Una sola fotografía es plana, pero un conjunto de fotografías superpuestas puede contener información espacial.

El software moderno de fotogrametría utiliza un proceso que a menudo se denomina **«Estructura a partir del movimiento» (Structure from Motion)**. Busca puntos característicos, los empareja entre las imágenes, estima las posiciones de las cámaras y crea una nube de puntos inicial dispersa. Esta nube de puntos dispersa no es el modelo final; es el primer esqueleto geométrico de la escena. Para que esto funcione, las fotografías deben solaparse y contener **texturas** reconocibles. La piedra, la madera, las superficies pintadas, la tierra y el ladrillo suelen funcionar bien porque contienen detalles visibles. El cristal, el metal brillante, el agua, las paredes blancas lisas o la vegetación en movimiento plantean más dificultades, ya que el software no puede identificar de forma fiable puntos estables.

Figura 1

Modelo de datos de la fotogrametría



Nota. Diagrama que ilustra los parámetros geométricos de la fotogrametría 3D. Extraído de «Photogrammetry Wiora EN» [Gráfico vectorial], de G. Wiora, 2005, Wikimedia Commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Photogrammetry_Wiora_EN.svg). CC BY-SA 3.0.

La fotogrametría conecta el mundo real con su representación digital. En primer lugar, existe un objeto, un edificio, un monumento o un paisaje. A continuación, se toma una serie planificada de fotografías. Por último, un software como WebODM procesa esas fotografías y genera resultados que pueden visualizarse, medirse, compartirse o reutilizarse.



Conceptos clave

Fotografía: Una imagen digital capturada con una cámara, teléfono inteligente o dron. En fotogrametría, se utilizan conjuntamente varias fotografías del mismo objeto o lugar para crear información espacial.

Solapamiento: La parte de una escena que aparece en dos o más fotografías.

Punto característico: Un detalle claramente reconocible en una imagen, como una esquina, marca, grieta o patrón de textura, que el software puede identificar en varias fotografías.

Triangulación: Un método para calcular la posición de un punto en el espacio tridimensional mediante la comparación del lugar en el que aparece dicho punto en fotografías tomadas desde distintas posiciones.

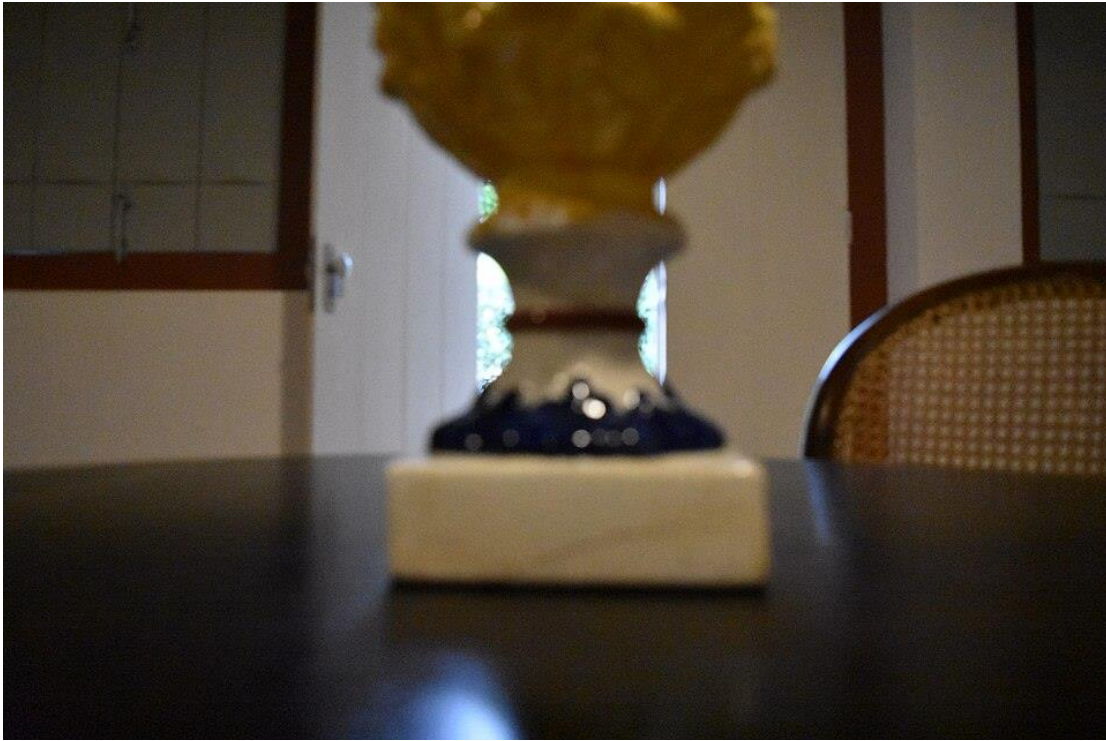
Structure from Motion (SfM): Un proceso de fotogrametría en el que el software compara fotografías superpuestas, identifica características coincidentes y estima las posiciones de las cámaras y la estructura 3D básica de la escena.

Nube de puntos dispersa: La primera representación tridimensional sencilla que se crea durante el procesamiento de fotogrametría, la cual contiene un número limitado de puntos que muestran la forma y estructura aproximadas del objeto o lugar fotografiado.

Textura: Los detalles visibles de la superficie de un objeto, como colores, patrones, grietas o rugosidad.

Figura 1

Fotografía de un detalle para un ejercicio de fotogrametría



Nota. Imagen de una escultura decorativa de una piña en la Fazenda do Pinhal. De «Foto para exercício de fotogrametria - Pinha (56)», N.ELAC [Fotografía], por N.ELAC, 2019a, Wikimedia Commons ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Foto_para_exerc%C3%ADcio_de_fotogrametria - Pinha\(56\), N.ELAC.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Foto_para_exerc%C3%ADcio_de_fotogrametria_-_Pinha(56),_N.ELAC.jpg)). CC BY-SA 4.0.



Tarea práctica

Elija un objeto e imagine que desea crear un modelo 3D del mismo utilizando fotografías.

¿Qué lados del objeto necesitaría fotografiar?

¿Dónde colocaría la cámara?

¿Qué partes podrían ser difíciles de capturar?

¿Tiene el objeto suficiente textura?

¿La iluminación ayudaría o dificultaría la captura?

Cómo tomar las fotos o recopilar los datos

Para esta actividad, los alumnos deben practicar una captura fotogramétrica sencilla a corta distancia. El objetivo es recopilar un conjunto de imágenes nítidas y superpuestas que puedan procesarse posteriormente en WebODM.

Aspectos a tener en cuenta

- Elige un objeto con textura visible y evita las superficies brillantes, transparentes o lisas.
- Utiliza una luz suave y estable; evita las sombras y los reflejos intensos.
- Mantén el objeto inmóvil y mueve la cámara a su alrededor.
- Toma fotos superpuestas desde varios ángulos; no te saltes la parte trasera ni los laterales.
- Mantén la cámara firme y evita que la imagen salga borrosa.
- Incluye una regla, una barra de escala o una medida conocida si el tamaño es importante.

Paso a paso

1. Coloca el objeto en una posición estable con suficiente espacio a su alrededor.
2. Haz una foto de prueba y comprueba la nitidez, la luz y el encuadre.
3. Muévete alrededor del objeto en círculo, tomando una foto cada pequeño paso.
4. Captura un segundo anillo desde un ángulo ligeramente más alto.
5. Captura detalles o zonas ocultas que se hayan pasado por alto en la primera ronda.
6. Revisa todas las fotos y vuelve a tomar aquellas que estén borrosas o mal iluminadas.
7. Guarda el conjunto de datos en una carpeta con un nombre claro para WebODM o para revisarlo más adelante.

Pequeño consejo: antes de pensar en el software, piensa en las imágenes. Un buen conjunto de datos facilita mucho el procesamiento.

2. Usos reales de la fotogrametría y el escaneo 3D

La fotogrametría y el escaneo 3D se utilizan en muchos contextos. En el ámbito del patrimonio cultural, pueden ayudar a documentar monumentos, yacimientos arqueológicos, edificios históricos, objetos, obras de arte, herramientas, paisajes y espacios vinculados a la memoria local. En el ámbito educativo, la documentación en 3D permite a los alumnos explorar objetos y lugares que pueden estar lejos, ser frágiles, estar sujetos a restricciones o ser de difícil acceso. Un modelo 3D puede utilizarse en un aula, una exposición virtual, una página web, una presentación o un proyecto de patrimonio local. En el ámbito de la conservación y el seguimiento, los modelos digitales permiten realizar comparaciones a lo largo del tiempo. Si se documenta un edificio, una escultura o un yacimiento hoy y de nuevo en el futuro, los cambios pueden observarse con mayor claridad. Esto no sustituye al trabajo de conservación realizado por expertos, pero puede proporcionar registros visuales y espaciales útiles. En los proyectos comunitarios, la fotogrametría puede ayudar a las personas a documentar objetos o lugares que son



Conceptos clave

Documentación digital: Uso de herramientas digitales para registrar y conservar información sobre un objeto, lugar o sitio patrimonial.

Seguimiento de conservación: Documentación de un objeto o lugar a lo largo del tiempo para observar cambios o daños.

Exposición virtual: Un espacio digital donde se pueden presentar y explorar objetos, lugares o historias en línea.

Accesibilidad: Facilitar que diferentes personas puedan acceder al patrimonio y a la información y hacer uso de ellos.

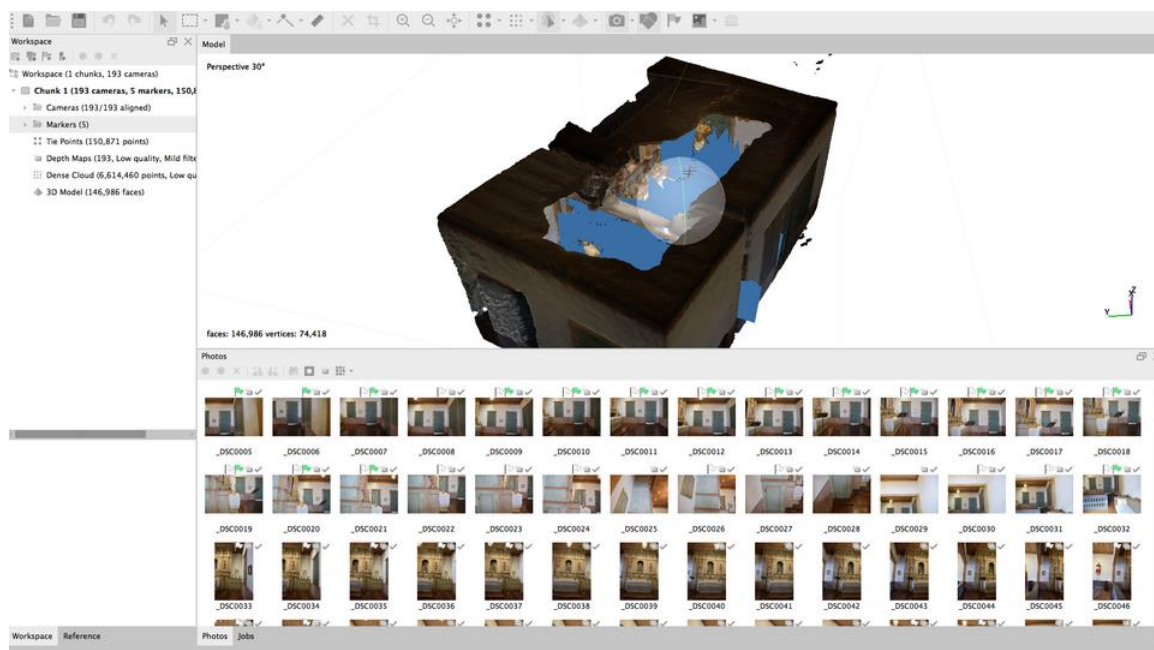
Memoria comunitaria: Historias, tradiciones, lugares y experiencias compartidas que ayudan a una comunidad a recordar su pasado.

significativos para la identidad local. La tecnología se convierte en una forma de contar historias, preservar recuerdos y crear materiales digitales accesibles.

La finalidad del modelo es importante. Un modelo para la página web de un museo puede dar prioridad a la calidad visual y a la narración. Un modelo para la conservación puede requerir escala, metadatos, una documentación minuciosa y condiciones de captura repetibles. La misma tecnología puede servir para diferentes fines, pero el proyecto debe definir su objetivo antes de que comience la captura.

Figura 2

Fotogrametría arquitectónica



Nota. Fachada exterior de la casa principal de la Fazenda do Pinhal. De «*Sede da Fazenda do Pinhal (143)*», N.ELAC [Fotografía], por N.ELAC, 2019b, Wikimedia Commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sede_da_Fazenda_do_Pinhal_%28143%29,_N.ELAC.png). CC BY-SA 4.0.



Tarea práctica

Elija un objeto, edificio o lugar real de su comunidad. Describa un posible uso para una versión digital en 3D del mismo.

¿Quién utilizaría el modelo?

¿Qué les ayudaría a comprender el modelo?

¿El resultado tendría que ser visualmente atractivo, medible o ambos?

Cómo tomar las fotos o recopilar los datos

Para esta actividad, los alumnos deben practicar una captura fotogramétrica sencilla a corta distancia. El objetivo es recopilar un conjunto de imágenes nítidas y superpuestas que puedan procesarse posteriormente en WebODM.

Aspectos a tener en cuenta

- Elige un objeto con textura visible y evita las superficies brillantes, transparentes o lisas.
- Utiliza una luz suave y estable; evita las sombras y los reflejos intensos.
- Mantén el objeto quieto y mueve la cámara a su alrededor.
- Toma fotos superpuestas desde varios ángulos; no te saltes la parte trasera ni los laterales.
- Mantén la cámara firme y evita que la imagen salga borrosa.
- Incluye una regla, una barra de escala o una medida conocida si el tamaño es importante.

Paso a paso

1. Coloca el objeto en una posición estable con suficiente espacio a su alrededor.
2. Haz una foto de prueba y comprueba la nitidez, la luz y el encuadre.
3. Muévete alrededor del objeto en círculo, tomando una foto cada pequeño paso.
4. Captura un segundo anillo desde un ángulo ligeramente más alto.
5. Captura detalles o zonas ocultas que se hayan pasado por alto en la primera ronda.
6. Revisa todas las fotos y vuelve a tomar aquellas que estén borrosas o mal iluminadas.
7. Guarda el conjunto de datos en una carpeta con un nombre claro para WebODM o para revisarlo más adelante.

Pequeño consejo: un modelo 3D resulta más útil cuando está vinculado a un objetivo claro: quién lo utilizará, por qué y qué historia ayuda a explicar.

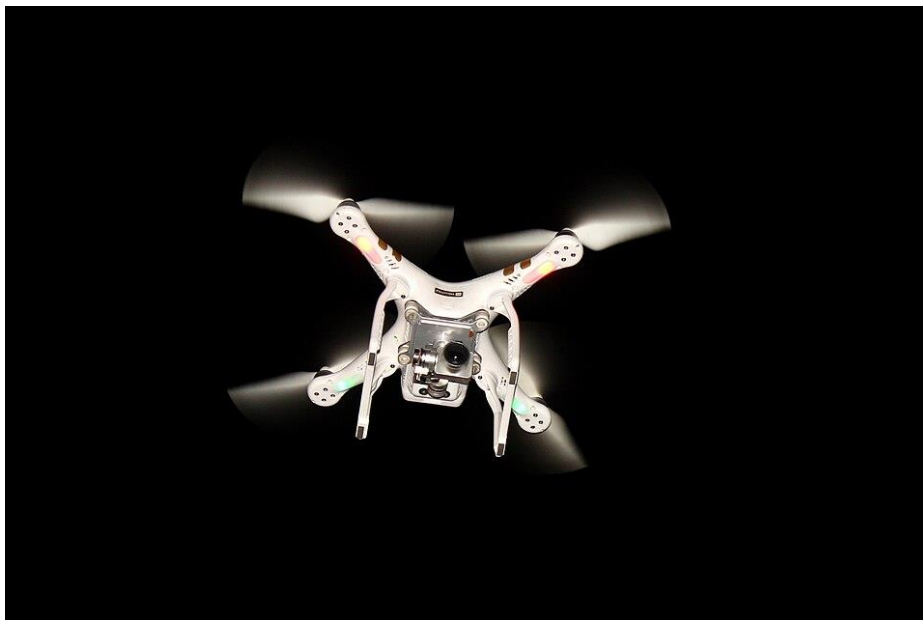
3. Fotogrametría, drones y patrimonio local

En DREAM, la fotogrametría no se presenta únicamente como un proceso técnico. También es una forma de observar el patrimonio local con atención. Una plaza, un edificio rural, una herramienta tradicional, un monumento, un muro, un camino, una fuente o un pequeño objeto pueden convertirse en el punto de partida de una actividad de documentación digital.

Los drones amplían lo que se puede documentar. Pueden capturar tejados, torres, fachadas, yacimientos arqueológicos, grandes edificios y paisajes desde las alturas. Esto resulta especialmente útil cuando la fotografía desde el suelo no puede ofrecer una cobertura suficiente. Un dron no es solo una cámara voladora. En fotogrametría, forma parte de un sistema de captura planificado. La ruta, la altitud, el ángulo de la cámara, el solapamiento y la iluminación deben facilitar la reconstrucción. Las fotografías aéreas tomadas al azar pueden parecer atractivas, pero es posible que no contengan suficiente solapamiento sistemático para el procesamiento en 3D.

Figura 3

Dron 4K en acción



Nota. Extraído de «Drone DJI Phantom 4K en acción» [Fotografía], de S. Dwivedi, 2019, Wikimedia Commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DJI_Phantom_4K_drone_in_action.jpg). CC BY-SA 4.0.



Conceptos clave

Imágenes de dron: Fotografías capturadas desde el aire utilizando un dron.

Imagen nadir: Una fotografía tomada con la cámara apuntando directamente hacia el suelo.

Imagen oblicua: Una fotografía tomada en ángulo, útil para capturar fachadas, tejados y estructuras verticales.

Cobertura: La proporción de un objeto o zona capturada a lo largo de todo el conjunto de fotografías.

Contexto patrimonial: El significado histórico, cultural o comunitario vinculado a un objeto, lugar o sitio.

Sin embargo, no todos los proyectos necesitan un dron. Los objetos pequeños pueden documentarse con un teléfono o una cámara. Una fachada puede requerir imágenes tomadas desde el suelo y en ángulo oblicuo. Un paisaje puede beneficiarse de un vuelo planificado con dron. La herramienta adecuada depende del objeto, el emplazamiento, el objetivo y los permisos disponibles.

El trabajo en el ámbito del patrimonio también requiere interpretación. El modelo digital no debe limitarse a capturar la geometría. Debe ayudar a explicar por qué el lugar o el objeto es importante, qué contexto lo rodea y cómo la comunidad entiende su valor.

Figura 4

Un dron con cámara de cuatro hélices



Nota. De «Dron con cámara en vuelo» [Fotografía], de J. Sorenson, 2018, Wikimedia Commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Quadcopter_camera_drone_in_flight.jpg). De dominio público.



Reflexión

Piense en un lugar patrimonial, edificio o monumento local. Considere cómo podría documentarse y si el uso de un dron aportaría información útil.

- ¿Podría documentarse el elemento patrimonial desde el suelo?*
- ¿Mejoraría un dron la documentación?*
- ¿Qué permisos podrían ser necesarios?*
- ¿Qué partes del sitio no deberían capturarse?*
- ¿Cómo podría el resultado digital ayudar a explicar su valor?*

Cómo tomar las fotos o recopilar los datos

Para esta actividad, los alumnos deben pensar como un equipo de captura antes que como usuarios de software. La ruta del dron o de la cámara debe planificarse de manera que se cubra el lugar de forma sistemática, segura y legal. **Pequeño consejo:** cuando trabajes con patrimonio, no te limites a capturar la forma. Captura el contexto, el significado y la razón por la que ese lugar u objeto es importante.

Aspectos a tener en cuenta

- Asegúrate de que está permitido el uso de drones en ese lugar y de que se respetan las restricciones de privacidad.
- Comprueba las condiciones meteorológicas, el viento, la luz, la batería, el almacenamiento, los obstáculos y las personas que haya cerca.
- Utiliza fotos nadir para resultados similares a mapas y fotos oblicuas para fachadas, paredes, tejados o estructuras verticales.
- Mantén una altitud y un ángulo de cámara constantes siempre que sea posible.
- Intenta que haya un solapamiento considerable entre las imágenes contiguas; evita las fotos aisladas o aleatorias.
- Revisa las imágenes antes de abandonar el lugar y repite las tomas de las zonas que falten o estén borrosas.

Paso a paso

1. Define el resultado: ortofoto, modelo 3D, documentación de fachadas o simple registro visual.
2. Dibuja el área de captura y marca los puntos seguros de despegue, aterrizaje y observación.
3. Planifica la ruta: líneas paralelas para la cartografía, pasadas circulares u oblicuas para los elementos verticales.

4. Toma una primera foto de prueba y comprueba la exposición, la nitidez y el encuadre.
5. Recorre toda la ruta de forma lenta y sistemática, manteniendo el solapamiento entre las fotos.
6. Revisa el conjunto de datos inmediatamente: elimina los errores evidentes e identifica las lagunas.
7. Organiza las imágenes en una carpeta con un nombre claro antes de subirlas a WebODM.

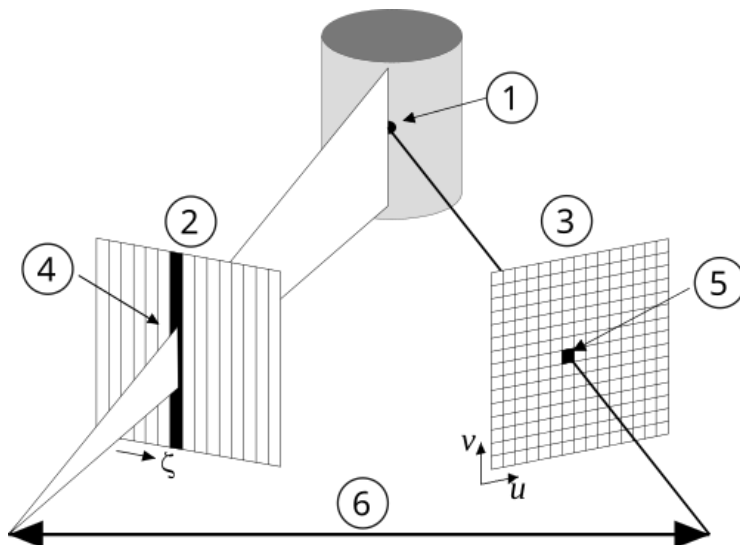
4. Tecnologías básicas: fotogrametría y escaneo 3D

Tanto la fotogrametría como el escaneo 3D crean representaciones digitales de objetos o espacios reales, pero lo hacen de formas diferentes. **La fotogrametría** utiliza fotografías y la luz existente. Por este motivo, a menudo se describe como una técnica pasiva. La fotogrametría suele ser más accesible para los principiantes, ya que se puede realizar con una cámara, un smartphone o un dron. Resulta eficaz para objetos, edificios, fachadas y zonas al aire libre cuando hay suficiente textura y un buen solapamiento de las imágenes.

El escaneo 3D suele utilizar sensores activos, como láseres, luz estructurada, cámaras de profundidad o LiDAR, para capturar la geometría de forma más directa. El escáner envía o recibe información de profundidad y genera una nube de puntos o una malla a partir de los datos del sensor. El escaneo 3D puede resultar muy útil para objetos detallados, esculturas, pequeños artefactos o superficies complejas. Dependiendo del escáner, puede capturar la geometría con gran precisión. Sin embargo, los escáneres pueden ser más caros y requerir condiciones controladas.

Figura 5

Proyección de franjas en el escaneo 3D



Nota. Extraído de «Principle of 3d fringe projection» [Gráfico vectorial], del Dr. Schorsch, 2010, Wikimedia Commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Principle_of_3d_fringe_projection_numbered.svg). CC BY-SA 2.5.



Conceptos clave

Sensor pasivo: Un sensor que registra información utilizando la luz o energía existente en lugar de emitir su propia señal.

Sensor activo: Un sensor que emite una señal, como pulsos de luz o láser, y mide cómo regresa.

LiDAR: Una tecnología de escaneo que utiliza pulsos láser para medir la distancia y crear una representación 3D detallada de un objeto o espacio.

Luz estructurada: Un método de escaneo que proyecta un patrón de luz conocido sobre un objeto y mide cómo cambia dicho patrón a lo largo de su superficie.

Cámara de profundidad: Una cámara que mide la distancia entre la cámara y puntos de la escena para capturar información en 3D.

Malla: Una superficie digital en 3D formada por muchos polígonos conectados que representan la forma de un objeto.

En la práctica, ambas técnicas pueden complementarse entre sí. Un levantamiento con dron permite documentar un emplazamiento de gran tamaño, mientras que un escáner o la fotogrametría de corto alcance permiten capturar objetos más pequeños o detalles. El mejor método es aquel que se adapta al objeto, al objetivo, al presupuesto y al nivel de detalle requerido.



Tarea práctica

Clasifique estos casos según se adapten mejor a la fotogrametría, al escaneo 3D o a ambos:

- una fachada de piedra
- un objeto pequeño de cerámica
- un sitio arqueológico grande
- una herramienta metálica brillante
- un edificio rural
- una escultura con textura detallada

Explique su decisión para cada caso.

Cómo tomar las fotos o recopilar los datos

Para esta actividad, los alumnos deben practicar una captura sencilla mediante fotogrametría de corto alcance. El objetivo es recopilar un conjunto de imágenes nítidas y superpuestas que puedan procesarse posteriormente en WebODM.

Aspectos a tener en cuenta

- Elige un objeto con textura visible y evita las superficies brillantes, transparentes o lisas.
- Utiliza una luz suave y estable; evita las sombras y los reflejos intensos.
- Mantén el objeto quieto y mueve la cámara a su alrededor.
- Toma fotos superpuestas desde varios ángulos; no te saltes la parte trasera ni los laterales.
- Mantén la cámara firme y evita que la imagen salga borrosa.

- Incluye una regla, una barra de escala o una medida conocida si el tamaño es importante.

Paso a paso

1. Coloca el objeto en una posición estable con suficiente espacio a su alrededor.
2. Haz una foto de prueba y comprueba la nitidez, la luz y el encuadre.
3. Muévete alrededor del objeto en círculo, tomando una foto cada pequeño paso.
4. Captura un segundo anillo desde un ángulo ligeramente más alto.
5. Captura detalles o zonas ocultas que se hayan pasado por alto en la primera pasada.
6. Revisa todas las fotos y vuelve a hacer las que estén borrosas o mal iluminadas.
7. Guarda el conjunto de datos en una carpeta con un nombre claro para WebODM o para revisarlo más adelante.

Pequeño consejo: elige la técnica en función del objeto, no de lo que suene más avanzado.

5. Equipo de captura: cámaras, teléfonos inteligentes, drones y escáneres

Se pueden utilizar diferentes herramientas para capturar datos para la fotogrametría y el escaneo 3D. Un **smartphone** puede ser suficiente para un objeto sencillo. Una **cámara** puede ofrecer un mayor control y una mejor calidad de imagen. Un **dron** puede capturar imágenes aéreas de edificios y paisajes. Un **escáner 3D** puede capturar la geometría directamente cuando esté disponible. El factor más importante no siempre es el precio del equipo. Lo que más importa es tener una estrategia de captura clara. Las imágenes borrosas, un solapamiento insuficiente o una mala iluminación pueden dar lugar a resultados deficientes incluso con un buen equipo.

Figura 6

Configuración de la cámara estereoscópica de profundidad RGB-D



Nota. Cámara de profundidad Intel RealSense D435 utilizada para cartografía espacial, seguimiento y fotogrametría de corto alcance. De «Cámara de profundidad Intel RealSense D435 [Fotografía]», por M. Auledas, 2021, Wikimedia Commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Intel_Realsense_depth_camera_D435.jpg). CC BY-SA 4.0.

Para la fotogrametría, la coherencia de las imágenes es importante. Una distancia focal fija, un enfoque estable, un ISO bajo y una buena exposición ayudan al software a

comparar las imágenes. Los cambios bruscos en el zoom, el enfoque o la iluminación pueden dificultar la correspondencia entre imágenes. En el caso del trabajo con drones, el piloto debe planificar la trayectoria de vuelo y capturar suficientes imágenes superpuestas. Para el trabajo con un «ground- », el fotógrafo debe moverse alrededor del objeto o del emplazamiento de forma sistemática. Para el escaneo, el operador debe mantener estables las condiciones del objeto y del escáner.

La escala es otro aspecto importante. La fotogrametría puede crear un modelo con proporciones relativas correctas, pero puede necesitar una medida conocida, una barra de escala o un punto de control en el suelo para relacionar el modelo con las dimensiones del mundo real.



Conceptos clave

Escáner: Dispositivo que captura la forma y las dimensiones de un objeto o espacio real para crear datos digitales en 3D.

Referencia de escala: Objeto o medida conocida que se incluye durante la captura para ayudar a relacionar el modelo digital con el tamaño real.

Punto de control en el terreno: Punto claramente marcado con coordenadas reales conocidas que se utiliza para mejorar la posición y la precisión de un modelo fotogramétrico.



Tarea práctica

¿De qué equipamiento se dispone para una actividad sencilla de clase?

¿Cuáles son sus puntos fuertes?

¿Cuáles son sus limitaciones?

¿Cómo se podría incluir una referencia de escala?

¿Qué ajustes o condiciones deberían permanecer estables?

Cómo tomar las fotos o recopilar los datos

Para esta actividad, los alumnos deben pensar como un equipo de captura antes que como usuarios de software. La ruta del dron o de la cámara debe planificarse de modo que el emplazamiento quede cubierto de forma sistemática, segura y legal.

Aspectos a tener en cuenta

- Confirma que el uso de drones esté permitido en el lugar y que se respeten las restricciones de privacidad.
- Comprueba las condiciones meteorológicas, el viento, la luz, la batería, el almacenamiento, los obstáculos y las personas que haya cerca.
- Utiliza fotos nadirales para obtener resultados similares a mapas y fotos oblicuas para fachadas, paredes, tejados o estructuras verticales.
- Mantén una altitud y un ángulo de cámara constantes siempre que sea posible.
- Intenta que haya un solapamiento considerable entre las imágenes contiguas; evita las fotos aisladas o aleatorias.
- Revisa las imágenes antes de abandonar el lugar y repite las tomas de las zonas que falten o estén borrosas.

Paso a paso

1. Define el resultado: ortofoto, modelo 3D, documentación de fachadas o simple registro visual.
2. Dibuja el área de captura y marca los puntos seguros de despegue, aterrizaje y observación.
3. Planifica la ruta: líneas paralelas para la cartografía, pasadas circulares u oblicuas para los elementos verticales.
4. Toma una primera foto de prueba y comprueba la exposición, la nitidez y el encuadre.

5. Recorre toda la ruta de forma lenta y sistemática, manteniendo el solapamiento entre las fotos.
6. Revisa el conjunto de datos inmediatamente: elimina los errores evidentes e identifica las lagunas.
7. Organiza las imágenes en una carpeta con un nombre claro antes de subirlas a WebODM.

6. Conjuntos de datos de imágenes y planificación de vuelos

Un conjunto de datos de fotogrametría no es solo una recopilación de fotografías. Se trata de un conjunto planificado de imágenes que, en su conjunto, cubren el objeto o el emplazamiento desde un número suficiente de posiciones. Cada imagen debe conectarse con las imágenes adyacentes mediante un solapamiento visible. El solapamiento significa que las mismas partes de la escena aparecen en varias imágenes. El solapamiento frontal conecta imágenes tomadas una tras otra. El solapamiento lateral conecta imágenes de filas o posiciones adyacentes. Sin solapamiento, el software no puede unir las fotografías para formar un modelo coherente.

En los proyectos con drones, la planificación del vuelo ayuda a mantener constantes la altitud, la ruta y el ángulo de la cámara. Las líneas de vuelo paralelas son útiles para la



Conceptos clave

Conjunto de datos: Colección organizada de fotografías capturadas para procesarlas conjuntamente en un proyecto de fotogrametría.

Solapamiento longitudinal: El área compartida entre fotografías tomadas sucesivamente a lo largo de la misma ruta.

Solapamiento transversal: El área compartida entre fotografías tomadas en filas o trayectorias de vuelo adyacentes.

Línea de vuelo: Trayectoria planificada que sigue un dron mientras captura una secuencia de fotografías.

Imagen oblicua: Fotografía tomada en ángulo en lugar de perpendicularmente hacia abajo, útil para fachadas, tejados y estructuras verticales.

Distancia de muestreo digital (GSD): El tamaño real representado por un píxel en una imagen; una GSD menor suele implicar un mayor nivel de detalle visible.

cartografía y las ortofotografías. Las imágenes oblicuas son útiles para estructuras verticales como fachadas, torres y muros.

La distancia de muestreo en el suelo (Ground Sample Distance, o GSD) es el tamaño real que representa un píxel de la imagen. Una GSD más baja implica mayor detalle, pero suele requerir volar a menor altura o utilizar una cámara de mayor calidad. En los proyectos para principiantes, los alumnos no necesitan realizar cálculos complejos, pero deben comprender que la altitud y la resolución de la imagen influyen en el nivel de detalle.

Es importante comprobar que el conjunto de datos sea adecuado antes de abandonar el lugar. Las imágenes borrosas, los lados que faltan, las sombras grandes, los objetos en movimiento o los huecos en la cobertura pueden causar problemas de procesamiento más adelante.



Tarea práctica

Diseñe un plan sencillo de captura para un objeto o edificio pequeño.

- ¿Dónde se debería tomar la primera imagen?*
- ¿Cómo se movería alrededor del objeto?*
- ¿Dónde podrían aparecer lagunas de cobertura?*
- ¿Qué comprobaría antes del procesamiento?*

Cómo tomar las fotos o recopilar los datos

Para esta actividad, los alumnos deben pensar como un equipo de captura antes que como usuarios de software. La ruta del dron o de la cámara debe planificarse de modo que el emplazamiento quede cubierto de forma sistemática, segura y legal.

Aspectos a tener en cuenta

- Confirma que el uso de drones esté permitido en el lugar y que se respeten las restricciones de privacidad.
- Comprueba las condiciones meteorológicas, el viento, la luz, la batería, el almacenamiento, los obstáculos y las personas que haya cerca.
- Utiliza fotos nadirales para obtener resultados similares a mapas y fotos oblicuas para fachadas, paredes, tejados o estructuras verticales.
- Mantén una altitud y un ángulo de cámara constantes siempre que sea posible.
- Intenta que haya un solapamiento considerable entre las imágenes contiguas; evita las fotos aisladas o aleatorias.
- Revisa las imágenes antes de abandonar el lugar y repite las tomas de las zonas que falten o estén borrosas.

Paso a paso

1. Define el resultado: ortofoto, modelo 3D, documentación de fachadas o simple registro visual.
2. Dibuja el área de captura y marca los puntos seguros de despegue, aterrizaje y observación.

3. Planifica la ruta: líneas paralelas para la cartografía, pasadas circulares u oblicuas para los elementos verticales.
4. Toma una primera foto de prueba y comprueba la exposición, la nitidez y el encuadre.
5. Recorre toda la ruta de forma lenta y sistemática, manteniendo el solapamiento entre las fotos.
6. Revisa el conjunto de datos inmediatamente: elimina los errores evidentes e identifica las lagunas.
7. Organiza las imágenes en una carpeta con un nombre claro antes de subirlas a WebODM.

Pequeño consejo: las imágenes bonitas no siempre son imágenes útiles. La fotogrametría requiere una cobertura sistemática.

7. Seguridad, permisos y preparación del emplazamiento

La planificación técnica no es suficiente. Un proyecto de fotogrametría o con drones también debe ser seguro, legal y respetuoso. Esto es especialmente importante en contextos patrimoniales, donde los lugares pueden ser frágiles, de acceso restringido, sagrados, privados o estar situados cerca de personas. El uso de drones debe cumplir con la normativa pertinente. En Europa, las normas de la EASA clasifican las operaciones con drones en categorías y exigen a los pilotos que tengan en cuenta el riesgo, la ubicación, la altitud, las personas cercanas, las restricciones del espacio aéreo y el tipo de dron utilizado. La privacidad también forma parte de la preparación. Al capturar un edificio, una plaza o un paisaje, se puede capturar accidentalmente a personas, matrículas, viviendas privadas o zonas sensibles. Un proyecto responsable planifica cómo evitarlo o gestionarlo antes de la captura.



Conceptos clave

Permiso: Aprobación oficial o consentimiento necesario antes de fotografiar, escanear o volar un dron en un lugar determinado.

Privacidad: Protección de las personas y de la información privada para evitar que sean capturadas o compartidas sin un motivo justificado o consentimiento.

AESA / EASA: La Agencia de la Unión Europea para la Seguridad Aérea, que establece las normas comunes de seguridad aviatoria para las operaciones con drones en Europa.

Zona geográfica / Geozona: Un área donde los vuelos de drones pueden estar restringidos o sujetos a condiciones específicas.

Evaluación de riesgos: Identificación de posibles peligros antes de realizar una actividad y determinación de cómo reducirlos.

Comprobación previa al vuelo: Conjunto de verificaciones de seguridad y del equipo que se realizan antes de que un dron despegue.

La preparación del lugar incluye comprobar el acceso, las condiciones meteorológicas, la iluminación, las baterías, el almacenamiento, los obstáculos y los procedimientos de emergencia. En el caso de los lugares de interés patrimonial, también puede incluir ponerse en contacto con los responsables del lugar, obtener permisos y acordar qué se puede fotografiar.

Recuerda: *un modelo técnicamente perfecto no es un proyecto exitoso si la captura se realizó de forma insegura, ilegal o irrespetuosa. Una buena documentación combina la calidad técnica con las prácticas éticas.*



Reflexión

- ¿Qué riesgos podrían existir en el lugar?*
- ¿Quién podría tener que dar permiso?*
- ¿Podrían aparecer personas o espacios privados en las imágenes?*
- ¿Qué condiciones meteorológicas detendrían la actividad?*
- ¿Qué debería comprobarse antes de empezar?*

Cómo tomar las fotos o recopilar los datos

Para esta actividad, los alumnos deben pensar como un equipo de captura antes que como usuarios de software. La ruta del dron o de la cámara debe planificarse de modo que el lugar quede cubierto de forma sistemática, segura y legal.

Aspectos a tener en cuenta

- Confirma que el uso de drones esté permitido en el lugar y que se respeten las restricciones de privacidad.
- Comprueba las condiciones meteorológicas, el viento, la luz, la batería, el almacenamiento, los obstáculos y las personas que haya cerca.
- Utiliza fotos nadirales para obtener resultados similares a mapas y fotos oblicuas para fachadas, paredes, tejados o estructuras verticales.
- Mantén una altitud y un ángulo de cámara constantes siempre que sea posible.
- Intenta que haya un solapamiento considerable entre las imágenes contiguas; evita las fotos aisladas o aleatorias.
- Revisa las imágenes antes de abandonar el lugar y repite las tomas de las zonas que falten o estén borrosas.

Paso a paso

1. Define el resultado: ortofoto, modelo 3D, documentación de fachadas o simple registro visual.
2. Dibuja la zona de captura y señala los puntos seguros de despegue, aterrizaje y observación.
3. Planifica la ruta: líneas paralelas para la cartografía, pasadas circulares u oblicuas para los elementos verticales.
4. Haz una primera foto de prueba y comprueba la exposición, la nitidez y el encuadre.
5. Recorre toda la ruta de forma lenta y sistemática, manteniendo el solapamiento entre las fotos.

6. Revisa el conjunto de datos inmediatamente: elimina los errores evidentes e identifica las lagunas.
7. Organiza las imágenes en una carpeta con un nombre claro antes de subirlas a WebODM.

Pequeño consejo: si las condiciones legales o éticas no están claras, detén la captura. La documentación debe proteger el patrimonio, no crear nuevos problemas.

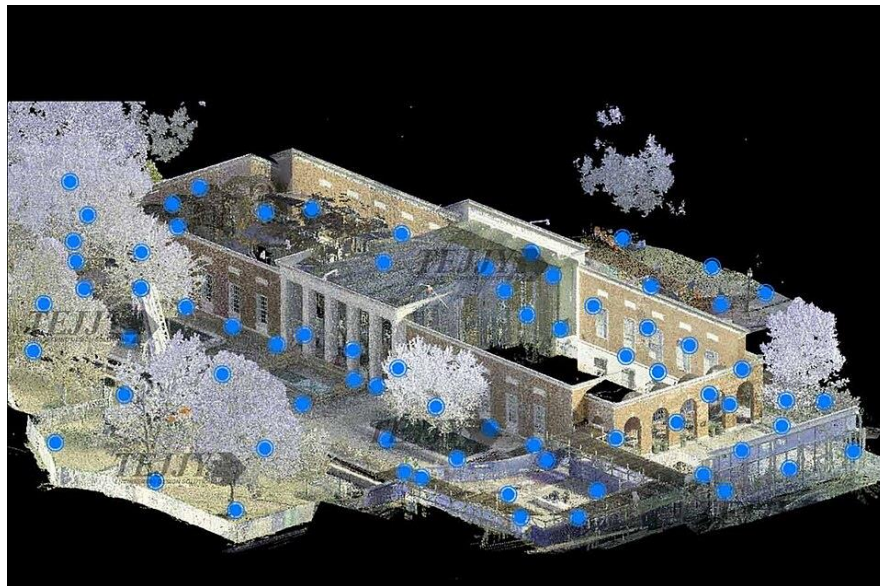
8. De las fotografías a un modelo 3D

La transformación de las fotografías en un modelo 3D se lleva a cabo en varias etapas. En primer lugar, el software analiza las fotografías y detecta puntos característicos. A continuación, hace coincidir esos puntos entre las diferentes imágenes. Durante **la alineación**, el software calcula dónde se encontraba cada cámara en el momento de tomar cada fotografía. Esta etapa crea una **nube de puntos dispersa** y muestra si el conjunto de datos está conectado. Si muchas imágenes no se alinean, es probable que el conjunto de datos presente problemas de solapamiento, desenfoque, textura o iluminación.

Tras la alineación, el software puede generar una **nube de puntos densa**. En esta etapa se añaden muchos más puntos y se aporta mayor detalle a la escena. A continuación, la nube densa puede convertirse en una malla, que es una superficie formada por polígonos conectados. En la etapa de texturizado se proyecta la información visual de las fotografías originales sobre la malla. Esto hace que el modelo tenga un aspecto realista. Para proyectos de cartografía, el software también puede crear una ortofoto o un modelo de elevación.

Figura 7

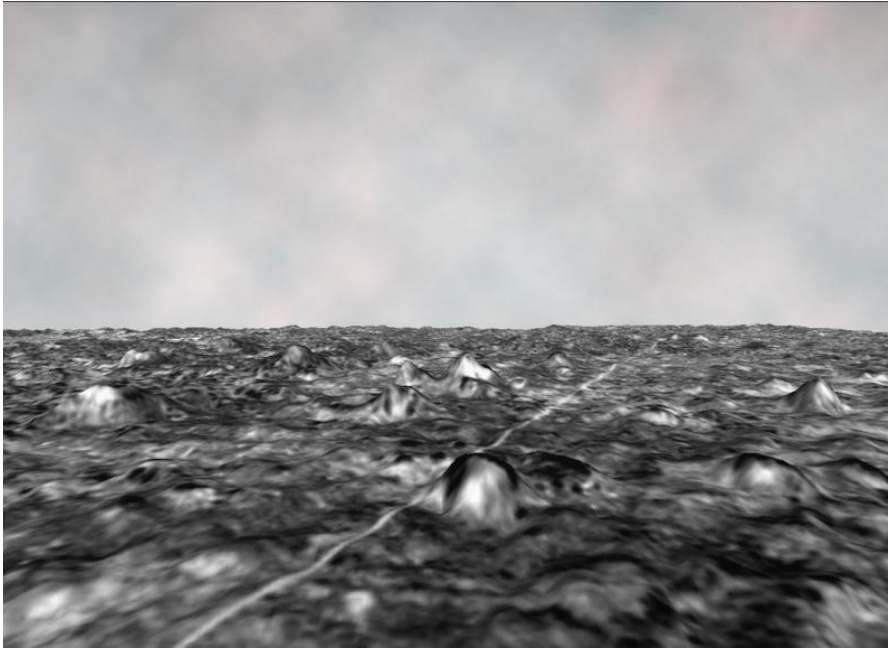
Visualización de la nube de puntos de un edificio



Nota. Extraído de «Visión general en 3D de la nube de puntos de la Biblioteca Milton S. Eisenhower, Universidad Johns Hopkins» [Imagen digital], por Matthewadams66, 2025, Wikimedia Commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:3D_Point_Cloud_Overview_of_Milton_S._Eisenhower_Library,_Johns_Hopkins_University.jpg). De dominio público.

Figura 8

Ejemplo de ortofoto



Nota. De *Chun-air-sar-dem-orthophoto* [Imagen digital], por Hixson, D. R., 2007, Wikimedia Commons (<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chun-air-sar-dem-orthophoto.jpg>). De dominio público.



Conceptos clave

Alineación: La etapa en la que el software empareja las fotografías y estima la posición de cada cámara.

Nube de puntos dispersa: El primer conjunto básico de puntos 3D creado a partir de las fotografías emparejadas.

Nube de puntos densa: Un conjunto más detallado de puntos 3D generado tras la alineación inicial.

Ortofoto: Una imagen corregida de la perspectiva para que pueda utilizarse como un mapa o un plano de alzado.

Recuerda: el procesamiento no puede inventar la información que falta. Si el conjunto de datos no incluye la parte trasera de un objeto, el software no podrá reconstruirla correctamente. Si las imágenes están borrosas, el modelo suele ser deficiente.



Tarea práctica

Ordene las etapas del flujo de trabajo:

- ¿Qué produce cada etapa?
- ¿Qué etapa revelaría que muchas imágenes han fallado?
- ¿Qué resultado es el mejor para la visualización?
- ¿Qué resultado es útil para una interpretación de tipo cartográfico?

Cómo tomar las fotos o recopilar los datos

Para esta actividad, las fotografías deben tratarse como datos de entrada para WebODM. El objetivo es comprender cómo las decisiones de captura afectan a la alineación, las nubes de puntos, las mallas y las ortofotografías.

Aspectos a tener en cuenta

- Utiliza imágenes nítidas con una exposición estable y suficiente textura visible.
- Cubra todos los lados del objeto o del emplazamiento; las vistas que falten suelen convertirse en huecos en el modelo.

- Mantenga el solapamiento entre imágenes consecutivas; cada zona debe aparecer en varias fotos.
- Evita personas en movimiento, vehículos, vegetación, reflejos intensos y sombras marcadas.
- Incluye una medida conocida o una referencia de escala si el modelo necesita dimensiones reales.
- Mantén las imágenes originales sin modificar y procesa copias siempre que sea posible.

Paso a paso

1. Crea una carpeta para el conjunto de datos y asígnale un nombre claro.
2. Toma fotos alrededor del objeto o del lugar siguiendo una ruta lógica, no al azar.
3. Toma una segunda serie de fotos más arriba o más abajo si el objeto tiene una geometría compleja.
4. Comprueba que las imágenes no estén borrosas, que no falten ángulos y que no haya problemas de exposición.
5. Sube el conjunto de datos a WebODM y crea una tarea de procesamiento.
6. Revisa el informe de calidad, las imágenes alineadas y los resultados.
7. Anota qué se debería mejorar en un segundo intento de captura.

Un pequeño consejo: el procesamiento no es una operación de rescate. Las mejores mejoras suelen producirse antes del procesamiento, durante la planificación y la recopilación de datos.

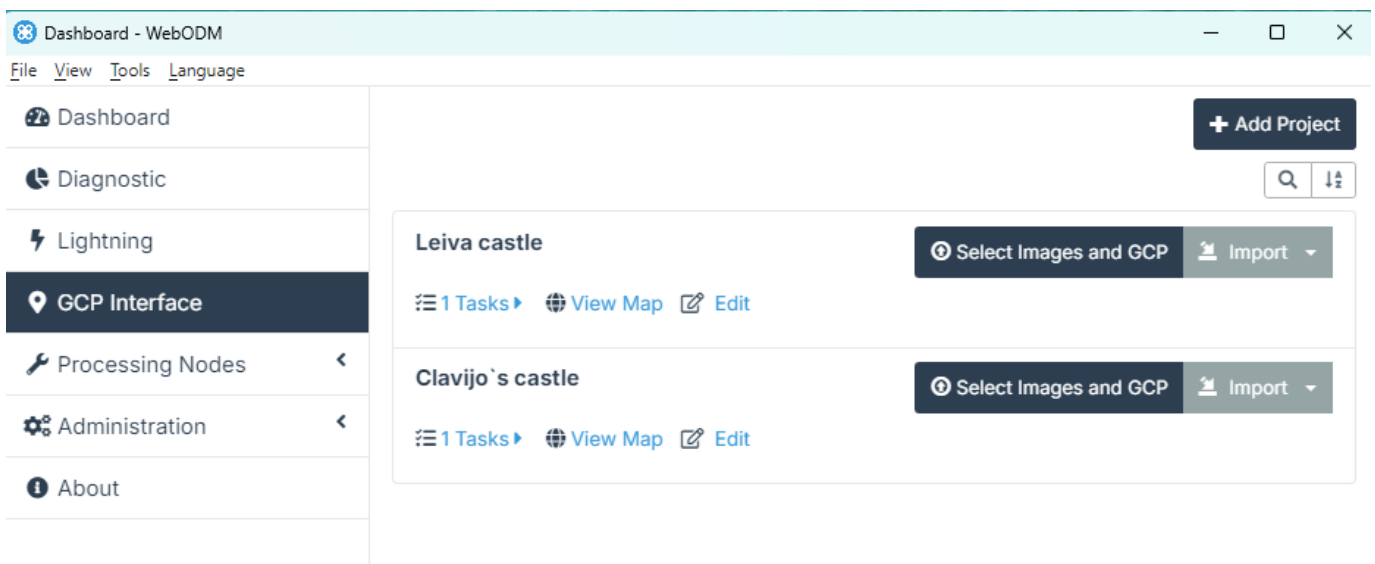
9. WebODM: proyectos, procesamiento y resultados

WebODM es la herramienta principal que se utiliza en este módulo. Ofrece una interfaz web para crear proyectos, cargar conjuntos de datos de imágenes, iniciar tareas de procesamiento y revisar los resultados. Esto la hace ideal para el aprendizaje, ya que el flujo de trabajo es visible y está bien organizado.

Un proyecto en WebODM puede contener una o más tareas. Una tarea suele corresponder a un conjunto de datos y a una ejecución de procesamiento. Si los alumnos modifican la configuración o mejoran el conjunto de datos, pueden crear una nueva tarea y comparar los resultados. WebODM puede generar varios resultados: nubes de puntos, modelos texturizados, ortofotos, modelos digitales de superficie, modelos digitales de terreno e informes de procesamiento. Cada resultado tiene un uso diferente. Un modelo texturizado resulta útil para la visualización, mientras que una ortofoto es útil para vistas similares a mapas.

Figura 9

Captura de pantalla del flujo de trabajo de WebODM



Nota. Captura de pantalla de la instancia de formación del proyecto DREAM, creada por el equipo de DREAM, CC BY-SA 4.0

El informe de procesamiento es importante. Puede mostrar cuántas imágenes se han utilizado, si la alineación se ha realizado correctamente y si el modelo presenta problemas de calidad. Los alumnos no deben ignorar el informe solo porque el modelo parezca correcto a primera vista.



Conceptos clave

Proyecto: Un espacio de trabajo en WebODM que organiza una o más tareas de procesamiento de fotogrametría.

Tarea: Una ejecución de procesamiento en WebODM que utiliza un conjunto específico de imágenes y ajustes seleccionados.

Informe de procesamiento: Un resumen que muestra cómo se procesaron las imágenes y si surgieron problemas durante la reconstrucción.

MDS (DSM): Modelo Digital de Superficie; un modelo que muestra la altura de las superficies visibles, como edificios, árboles y el terreno.

MDT (DTM): Modelo Digital del Terreno; un modelo que representa la superficie del terreno sin edificios ni vegetación.

Recuerda: WebODM también ayuda a los alumnos a comprender que la fotogrametría es un proceso iterativo. Un primer resultado puede presentar lagunas, ruido o distorsiones. El siguiente paso es diagnosticar por qué ha ocurrido esto y mejorar la captura o los ajustes.



Reflexión

Después de procesar tus imágenes, dedica un momento a observar el resultado y pensar en lo que te dice sobre la calidad de tu conjunto de datos.

- ¿Qué información comprobarías después del procesamiento?
- ¿Se alinearon todas las imágenes?
- ¿Qué resultado utilizarías para una presentación?
- ¿Qué resultado utilizarías para un documento similar a un mapa?
- ¿Qué cambiarías si el modelo tuviera huecos?

Cómo tomar las fotos o recopilar los datos

Para esta actividad, las fotografías deben tratarse como datos de entrada para WebODM. El objetivo es comprender cómo las decisiones de captura afectan a la alineación, las nubes de puntos, las mallas y las ortofotografías.

Aspectos a tener en cuenta

- Utiliza imágenes nítidas con una exposición estable y suficiente textura visible.
- Cubra todos los lados del objeto o del emplazamiento; las vistas que falten suelen convertirse en huecos en el modelo.
- Mantenga el solapamiento entre imágenes consecutivas; cada zona debe aparecer en varias fotos.
- Evita personas en movimiento, vehículos, vegetación, reflejos intensos y sombras marcadas.

- Incluye una medida conocida o una referencia de escala si el modelo necesita dimensiones reales.
- Mantén las imágenes originales sin modificar y procesa copias siempre que sea posible.

Paso a paso

1. Crea una carpeta para el conjunto de datos y asígnale un nombre claro.
2. Toma fotos alrededor del objeto o del lugar siguiendo una ruta lógica, no al azar.
3. Toma una segunda serie de fotos más arriba o más abajo si el objeto tiene una geometría compleja.
4. Comprueba que las imágenes no estén borrosas, que no falten ángulos y que no haya problemas de exposición.
5. Sube el conjunto de datos a WebODM y crea una tarea de procesamiento.
6. Revisa el informe de calidad, las imágenes alineadas y los resultados.
7. Anota qué se debería mejorar en un segundo intento de captura.

Pequeño consejo: el informe de calidad forma parte del proceso de aprendizaje. Léelo antes de dar por terminado el modelo.

10. Calidad, precisión y errores comunes de reconstrucción

La calidad en la fotogrametría depende de varios factores: nitidez de la imagen, solapamiento, iluminación, textura, estabilidad de la cámara, cobertura completa y ausencia de elementos en movimiento. Un modelo puede parecer impresionante, pero aún así contener errores. La exactitud se refiere a lo cerca que está el modelo de las dimensiones o posiciones del mundo real. La precisión se refiere a la coherencia de las mediciones dentro del modelo. Un modelo visualmente atractivo no es automáticamente exacto, especialmente si no se ha utilizado ninguna referencia de escala ni puntos de control.

Entre los errores comunes de reconstrucción se incluyen agujeros, puntos flotantes, superficies deformadas, geometría duplicada y texturas poco definidas. Estos errores



Conceptos clave

Exactitud: Lo cerca que están el modelo o sus mediciones del objeto, tamaño o posición reales.

Precisión: Lo consistentes que son las mediciones dentro del modelo cuando se repiten.

Ruido: Puntos o formas incorrectos o no deseados que aparecen en un resultado de fotogrametría.

Desenfoque: Pérdida de nitidez en una fotografía, a menudo causada por el movimiento o un enfoque deficiente.

Laguna de cobertura: Un área de un objeto o sitio que no se fotografió lo suficiente y que, por lo tanto, puede faltar en el modelo.

Superficie reflectante: Una superficie brillante, como el vidrio o el metal, que refleja la luz y puede dificultar que el software identifique puntos estables.

RMSE (Error Cuadrático Medio): Una medida numérica utilizada para mostrar la cantidad media de error en un modelo; un RMSE más bajo generalmente indica una mayor exactitud.

suelen deberse a un solapamiento insuficiente, superficies brillantes, desenfoque por movimiento, patrones repetidos, sombras intensas u objetos en movimiento.

La vegetación, el agua, el cristal y el metal reflectante plantean dificultades porque cambian de aspecto de una imagen a otra o no proporcionan puntos de referencia estables. Las personas y los vehículos también pueden generar ruido, ya que se mueven entre las fotografías.

Mejorar la calidad suele implicar volver al conjunto de datos: capturar más imágenes, aumentar el solapamiento, cambiar la iluminación, evitar el desenfoque, incluir los ángulos que faltan o elegir un método de captura más adecuado.



Tarea práctica

Examine un resultado de fotogrametría con errores.

¿Dónde se encuentran los huecos o las distorsiones?

¿Qué podría haberlos causado?

¿Ayudaría un mayor solapamiento?

¿Ayudaría una iluminación diferente?

¿Sería mejor otra técnica?

Cómo tomar las fotos o recopilar los datos

Para esta actividad, las fotografías deben tratarse como datos de entrada para WebODM. El objetivo es comprender cómo las decisiones de captura afectan a la alineación, las nubes de puntos, las mallas y las ortofotografías.

Aspectos a tener en cuenta

- Utiliza imágenes nítidas con una exposición estable y suficiente textura visible.
- Cubra todos los lados del objeto o del emplazamiento; las vistas que falten suelen convertirse en huecos en el modelo.
- Mantenga el solapamiento entre imágenes consecutivas; cada zona debe aparecer en varias fotos.
- Evita personas en movimiento, vehículos, vegetación, reflejos intensos y sombras marcadas.
- Incluye una medida conocida o una referencia de escala si el modelo necesita dimensiones reales.
- Mantén las imágenes originales sin modificar y procesa copias siempre que sea posible.

Paso a paso

1. Crea una carpeta para el conjunto de datos y asígnale un nombre claro.
2. Toma fotos alrededor del objeto o del lugar siguiendo una ruta lógica, no al azar.
3. Toma una segunda serie de fotos más arriba o más abajo si el objeto tiene una geometría compleja.
4. Comprueba que las imágenes no estén borrosas, que no falten ángulos y que no haya problemas de exposición.
5. Sube el conjunto de datos a WebODM y crea una tarea de procesamiento.
6. Revisa el informe de calidad, las imágenes alineadas y los resultados.
7. Anota qué se debería mejorar en un segundo intento de captura.

Pequeño consejo: No juzgues un modelo solo por su primera impresión visual. Busca errores, áreas que falten y signos de una reconstrucción deficiente.

11. Trabajar con nubes de puntos, ortofotos y modelos 3D

Los resultados de la fotogrametría no son todos iguales. **Una nube de puntos** es un conjunto de puntos en el espacio 3D. Puede mostrar la forma del objeto o del yacimiento y resultar útil para la medición, el análisis o el procesamiento posterior. Una **mall**a es una superficie formada por polígonos conectados. Cuando se le aplica una textura, resulta más fácil de comprender visualmente. Las mallas texturizadas son útiles para presentaciones, exposiciones virtuales y la narración de historias, pero puede que no siempre sean el mejor resultado para una medición precisa. Una **ortofoto** u **ortomosaico** es una imagen corregida en perspectiva, por lo que puede utilizarse como un mapa o un plano altimétrico. En el ámbito del patrimonio, las ortofotografías pueden ayudar a documentar fachadas, suelos, muros, zonas arqueológicas o elementos paisajísticos.

Los modelos digitales de superficie incluyen superficies visibles, como edificios, árboles y estructuras. Los modelos digitales de terreno tratan de representar la superficie del suelo. Comprender esta diferencia ayuda a los alumnos a interpretar correctamente los resultados relacionados con el paisaje. La elección del resultado depende del objetivo del proyecto. Una exposición escolar puede necesitar un modelo 3D con textura. Un análisis de fachadas puede requerir una ortofoto. Una actividad relacionada con el paisaje puede utilizar modelos de elevación. Un flujo de trabajo de conservación puede requerir nubes de puntos y metadatos.



Tarea práctica

Empareje cada resultado con un caso de uso:

- Nube de puntos
- Malla
- Textura
- Ortofoto
- Ortomosaico
- MDS
- MDT

- ¿Qué resultado es el mejor para la narrativa visual?
- ¿Qué resultado es el mejor para una interpretación de tipo cartográfico?
- ¿Qué resultado podría servir de apoyo para realizar mediciones?
- ¿Qué resultado sería el más fácil de presentar para los estudiantes?

Cómo tomar las fotos o recopilar los datos

Para esta actividad, las fotografías deben tratarse como datos de entrada para WebODM. El objetivo es comprender cómo las decisiones de captura afectan a la alineación, las nubes de puntos, las mallas y las ortofotografías.

Aspectos a tener en cuenta

- Utiliza imágenes nítidas con una exposición estable y suficiente textura visible.
- Cubra todos los lados del objeto o del emplazamiento; las vistas que falten suelen convertirse en huecos en el modelo.
- Mantenga el solapamiento entre imágenes consecutivas; cada zona debe aparecer en varias fotos.

- Evita personas en movimiento, vehículos, vegetación, reflejos intensos y sombras marcadas.
- Incluye una medida conocida o una referencia de escala si el modelo necesita dimensiones reales.
- Mantén las imágenes originales sin modificar y procesa copias siempre que sea posible.

Paso a paso

1. Crea una carpeta para el conjunto de datos y asígnale un nombre claro.
2. Toma fotos alrededor del objeto o del lugar siguiendo una ruta lógica, no al azar.
3. Toma una segunda serie de fotos más arriba o más abajo si el objeto tiene una geometría compleja.
4. Comprueba que las imágenes no estén borrosas, que no falten ángulos y que no haya problemas de exposición.
5. Sube el conjunto de datos a WebODM y crea una tarea de procesamiento.
6. Revisa el informe de calidad, las imágenes alineadas y los resultados.
7. Anota qué se debería mejorar en un segundo intento de captura.

Pequeño consejo: el mejor resultado no siempre es el más atractivo visualmente. Elige el resultado que mejor se adapte al objetivo del proyecto.

12. Gestión básica de datos y documentación

Un proyecto de fotogrametría genera numerosos archivos: imágenes originales, resultados procesados, informes, exportaciones, notas y, en ocasiones, documentos de autorización. Sin una organización adecuada, el proyecto resulta difícil de comprender o reutilizar. Las fotografías originales constituyen el registro principal. Deben conservarse, ya que es posible que el software del futuro pueda volver a procesarlas con mejores resultados. Los alumnos deben evitar borrar o editar las imágenes originales y trabajar a partir de copias cuando sea necesario. Una buena nomenclatura de archivos resulta de gran ayuda. Una carpeta de datos puede incluir la fecha, la ubicación, el nombre del objeto y el método de captura. Una sencilla ficha de metadatos puede registrar quién capturó las imágenes, qué equipo se utilizó, qué permisos se obtuvieron y cuál era el objetivo del proyecto.

La documentación es especialmente importante para el patrimonio. Un modelo digital sin contexto puede desconectarse del lugar o la comunidad a la que representa. Las notas sobre el significado, la ubicación, la autoría y las restricciones éticas ayudan a que el modelo siga siendo útil y respetuoso. Las copias de seguridad y el control de versiones forman parte de las responsabilidades básicas. Si el conjunto de datos es importante, no debería existir en un solo lugar. Si se revisa el modelo, las versiones antigua y nueva deben etiquetarse claramente.



Conceptos clave

Metadatos: Información que describe un archivo digital o proyecto, como su fecha, ubicación, creador, equipo y propósito.

Copia de seguridad: Una copia adicional de archivos importantes que se guarda por separado en caso de que los originales se pierdan o se dañen.

Control de versiones: Guardar y etiquetar claramente diferentes versiones de un archivo o modelo a medida que se modifica o mejora.

Registro de permisos: Documentación que demuestra qué autorización se obtuvo para fotografiar, escanear o utilizar un sitio u objeto.

Notas de procesamiento: Registros breves de los ajustes, problemas, decisiones y resultados de un intento de procesamiento fotogramétrico.



Tarea práctica

Cree una convención de nomenclatura de carpetas para un proyecto de captura del patrimonio.

¿Qué metadatos deberían registrarse?

¿Dónde se guardarían las autorizaciones?

¿Cómo etiquetaría un segundo intento de procesamiento?

¿Qué archivos no deberían eliminarse nunca?

Cómo tomar las fotos o recopilar los datos

Para esta actividad, los alumnos deben capturar y documentar al mismo tiempo. Un buen conjunto de datos no es solo un grupo de imágenes; también incluye notas que explican de dónde proceden las imágenes y cómo pueden utilizarse.

Aspectos a tener en cuenta

- Anota la fecha, la ubicación, el nombre del objeto o lugar, el autor y el propósito.
- Guarda las imágenes originales en una carpeta protegida.
- Crea carpetas separadas para las imágenes sin procesar, los resultados procesados, los informes y las exportaciones.
- Guarda las notas sobre permisos o restricciones de acceso junto con los archivos del proyecto.
- Utiliza nombres de archivos y carpetas coherentes.
- Haz una copia de seguridad de los conjuntos de datos importantes antes de editarlos o procesarlos.

Paso a paso

1. Crea la carpeta del proyecto antes de comenzar la captura.
2. Escribe una breve nota de captura indicando el objetivo, la ubicación y el equipo utilizado.
3. Toma las fotos siguiendo la ruta planificada y conserva todos los originales.
4. Copia las imágenes seleccionadas en una carpeta de procesamiento.
5. Guarda los resultados de WebODM en una carpeta de resultados independiente.

6. Añade una breve nota en la que se expliquen los errores, las limitaciones y las posibles mejoras.
7. Haz una copia de seguridad de toda la carpeta del proyecto.

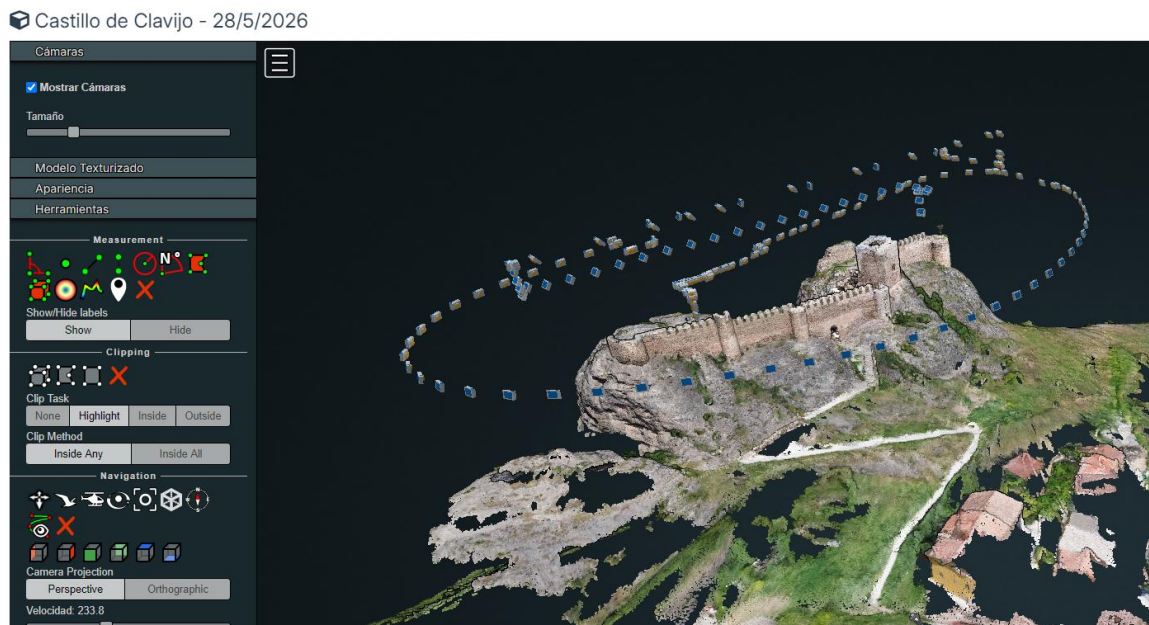
Pequeño consejo: un modelo sin notas es fácil de perder, malinterpretar o utilizar incorrectamente. Documenta tanto el proceso como el resultado.

13. Introducción a los flujos de trabajo de fotogrametría con drones

Un flujo de trabajo de fotogrametría con drones comienza antes del vuelo. El equipo define el objetivo, comprueba los permisos, estudia el emplazamiento, planifica la ruta de vuelo y decide qué resultados se necesitan. Un proyecto de cartografía y un proyecto de fachada no utilizan exactamente la misma estrategia de captura. Las **imágenes nadirales** se toman con la cámara apuntando directamente hacia abajo. Son útiles para mapas, ortofotos y superficies similares al terreno. **Las imágenes oblicuas** se toman en ángulo. Son útiles para estructuras verticales como fachadas, torres, tejados y muros.

Figura 10

Cuadrícula del dron y trayectoria de captura circular



Nota. Visualización por software de las ubicaciones de las cámaras que muestra una trayectoria de vuelo circular oblicua, creada por el equipo DREAM, CC BY-SA 4.0

El solapamiento es esencial. Un dron debe capturar imágenes de tal forma que cada parte del emplazamiento aparezca en varias fotografías. Mantener una altitud y una

velocidad constantes ayuda a que la escala y la nitidez de la imagen se mantengan estables. El viento fuerte, la poca luz o los movimientos rápidos pueden provocar desenfoque.

Tras el vuelo, se debe revisar el conjunto de datos antes de abandonar el emplazamiento. El equipo debe comprobar si las imágenes son nítidas, si se ha cubierto toda la zona, si hay problemas de exposición y si falta algún ángulo importante.

Recuerda: *la fotogrametría con drones puede ser muy eficaz, pero debe realizarse de forma sistemática. Un conjunto de imágenes aéreas atractivas no es lo mismo que un conjunto de datos preparado para la reconstrucción.*



Conceptos clave

Ruta de vuelo: La ruta planificada que sigue un dron mientras captura fotografías sobre o alrededor de un lugar.

Revisión posterior al vuelo: Comprobación de las fotografías después de un vuelo de dron para asegurarse de que sean nítidas, estén completas y sean adecuadas para el procesamiento.

Zona de exclusión aérea: Un área donde los vuelos de drones están prohibidos o estrictamente restringidos.



Tarea práctica

Planifique un flujo de trabajo sencillo con dron para un edificio patrimonial pequeño.

¿Qué resultado se necesita?

¿Serían suficientes las imágenes nadirales?

¿Se requerirían imágenes oblicuas?

¿Qué comprobaciones de seguridad son necesarias?

¿Qué se debería revisar tras el aterrizaje?

Cómo tomar las fotos o recopilar los datos

Para esta actividad, los alumnos deben pensar como un equipo de captura antes que como usuarios de software. La ruta del dron o de la cámara debe planificarse de modo que el emplazamiento quede cubierto de forma sistemática, segura y legal.

Aspectos a tener en cuenta

- Confirma que el uso de drones esté permitido en el lugar y que se respeten las restricciones de privacidad.
- Comprueba las condiciones meteorológicas, el viento, la luz, la batería, el almacenamiento, los obstáculos y las personas que haya cerca.
- Utiliza fotos nadirales para obtener resultados similares a mapas y fotos oblicuas para fachadas, paredes, tejados o estructuras verticales.
- Mantén una altitud y un ángulo de cámara constantes siempre que sea posible.
- Intenta que haya un solapamiento considerable entre las imágenes contiguas; evita las fotos aisladas o aleatorias.

- Revisa las imágenes antes de abandonar el lugar y repite las tomas de las zonas que falten o estén borrosas.

Paso a paso

1. Define el resultado: ortofoto, modelo 3D, documentación de fachadas o simple registro visual.
2. Dibuja el área de captura y marca los puntos seguros de despegue, aterrizaje y observación.
3. Planifica la ruta: líneas paralelas para la cartografía, pasadas circulares u oblicuas para los elementos verticales.
4. Toma una primera foto de prueba y comprueba la exposición, la nitidez y el encuadre.
5. Recorre toda la ruta de forma lenta y sistemática, manteniendo el solapamiento entre las fotos.
6. Revisa el conjunto de datos inmediatamente: elimina los errores evidentes e identifica las lagunas.
7. Organiza las imágenes en una carpeta con un nombre claro antes de subirlas a WebODM.

Pequeño consejo: las fotos bonitas tomadas al azar con un dron no son datos. La fotogrametría requiere un conjunto de datos planificado.

14. Actividad final: Plan de documentación 3D del patrimonio

La actividad final aúna todo el flujo de trabajo. Los alumnos eligen un objeto sencillo, un detalle arquitectónico o un elemento del patrimonio local y preparan un plan básico de documentación. El objetivo no es crear un modelo profesional perfecto, sino comprender el proceso completo con sus criterios. La actividad comienza con la definición del propósito. Los alumnos deben decidir por qué se debe documentar el objeto o el lugar. Entre los posibles propósitos se incluyen la educación, la exposición, la accesibilidad, la sensibilización sobre la conservación, la interpretación turística o la memoria colectiva.

A continuación, los alumnos planifican la captura. Deciden si utilizar un smartphone, una cámara, un dron o un escáner; cuántas caras deben capturarse; dónde deben tomarse las imágenes; qué permisos se necesitan; y cómo se organizará el conjunto de datos. Si se dispone de WebODM, los alumnos procesan el conjunto de datos y revisan los resultados. Si no es posible realizar el procesamiento durante la sesión, pueden analizar un conjunto de datos de ejemplo y debatir cuáles serían los resultados esperados.

La presentación final debe incluir el objeto o el yacimiento, el objetivo, el plan de captura, los principales riesgos, los resultados esperados y una mejora que se introduciría en un segundo intento.



Tarea práctica

Trabaje de forma individual o en parejas. Elija un elemento sencillo del patrimonio local, como un objeto, el detalle de un edificio o un monumento. Utilice lo aprendido en el módulo para preparar un plan básico para documentarlo digitalmente.

1. Seleccione un elemento sencillo del patrimonio.
2. Defina el propósito de la documentación digital.
3. Elija el método de captura.
4. Planifique las posiciones de las imágenes.
5. Identifique las cuestiones de seguridad y permisos.
6. Describa los resultados esperados en WebODM.
7. Presente una lección aprendida.

Cómo tomar las fotos o recopilar los datos

Para esta actividad, los alumnos deben practicar una captura fotogramétrica sencilla a corta distancia. El objetivo es recopilar un conjunto de imágenes nítidas y superpuestas que puedan procesarse posteriormente en WebODM.

Aspectos a tener en cuenta

- Elige un objeto con textura visible y evita las superficies brillantes, transparentes o lisas.
- Utiliza una luz suave y estable; evita las sombras y los reflejos intensos.
- Mantén el objeto quieto y mueve la cámara a su alrededor.
- Toma fotos superpuestas desde varios ángulos; no te saltes la parte trasera ni los laterales.
- Mantén la cámara firme y evita que la imagen salga borrosa.
- Incluye una regla, una barra de escala o una medida conocida si el tamaño es importante.

Paso a paso

1. Coloca el objeto en una posición estable con suficiente espacio a su alrededor.
2. Haz una foto de prueba y comprueba la nitidez, la luz y el encuadre.
3. Muévete alrededor del objeto en círculo, tomando una foto cada pequeño paso.
4. Captura un segundo anillo desde un ángulo ligeramente más alto.
5. Captura detalles o zonas ocultas que se hayan pasado por alto en la primera ronda.
6. Revisa todas las fotos y vuelve a tomar aquellas que estén borrosas o mal iluminadas.
7. Guarda el conjunto de datos en una carpeta con un nombre claro para WebODM o para revisarlo más adelante.

Mini consejo: Empieza por lo pequeño. Un objeto sencillo bien documentado enseña más que un yacimiento ambicioso mal documentado.

15. Consejo de bienestar digital



Consejo de bienestar digital

Observa cómo te hace sentir el uso de la tecnología digital

No todo el tiempo frente a una pantalla nos afecta de la misma manera. Algunas actividades digitales pueden hacernos sentir informados, conectados o creativos, mientras que otras pueden hacernos sentir distraídos, cansados o abrumados. Prestar atención a esta diferencia puede ayudarnos a utilizar la tecnología de forma más intencionada.

Prueba esto: Después de pasar tiempo en línea, dedica un momento a observar cómo te sientes. Si una actividad te deja habitualmente tenso o agotado, considera hacer una pausa, cambiar el tiempo que le dedicas o elegir otra actividad.

Pregunta de reflexión: ¿Qué actividades digitales suelen hacerte sentir mejor y cuáles tienden a hacerte sentir más cansado o distraído?

16. Glosario básico

Precisión: grado de aproximación de un modelo, una medición o una posición al valor real.

Ajuste de paquetes: proceso matemático de optimización que mejora las posiciones estimadas de la cámara y los puntos 3D.

Nube de puntos densa: conjunto detallado de puntos 3D generado tras la alineación inicial de las imágenes.

DSM: Modelo digital de superficie. Representa superficies visibles como el suelo, los edificios, la vegetación y los objetos.

DTM: Modelo digital del terreno. Su objetivo es representar la superficie del suelo sin edificios ni vegetación.

Punto característico: Detalle visual que el software puede reconocer en varias fotografías.

Superposición hacia delante: Área de imagen compartida entre fotografías tomadas una tras otra a lo largo de una ruta.

GCP: Punto de control terrestre. Punto con coordenadas conocidas que se utiliza para mejorar la georreferenciación o la precisión.

GSD: Distancia de muestreo en el terreno. El tamaño real que representa un píxel en una imagen.

Malla: Superficie 3D formada por polígonos conectados entre sí.

Imagen nadir: Imagen tomada con la cámara apuntando directamente hacia abajo.

Imagen oblicua: Imagen tomada en ángulo, útil para fachadas y estructuras verticales.

Ortofoto: Imagen corregida en perspectiva para que pueda utilizarse como un mapa o un plano altimétrico.

Nube de puntos: Conjunto de puntos tridimensionales que representan la forma de un objeto o espacio.

Precisión: el grado de consistencia de las mediciones cuando se repiten, aunque no sean perfectamente exactas.

RMSE: error cuadrático medio. Un indicador estadístico que se utiliza a menudo para describir el error de medición.

Superposición lateral: Área de imagen compartida entre filas o líneas de vuelo adyacentes.

Nube de puntos dispersa: La primera nube de puntos, más dispersa, creada durante la alineación de imágenes.

Estructura a partir del movimiento: proceso de fotogrametría que estima las posiciones de la cámara y la estructura 3D inicial a partir de imágenes superpuestas.

Textura: La información visual de la superficie aplicada a una malla 3D a partir de las fotografías originales.

WebODM: una plataforma web de código abierto para procesar conjuntos de datos de imágenes tomadas desde drones y desde tierra y convertirlos en resultados fotogramétricos.

16. Cierre del módulo

La fotogrametría y el escaneo 3D son formas prácticas de conectar el patrimonio del mundo real con el aprendizaje, la documentación y la interpretación digitales. Permiten a los alumnos observar objetos y lugares con detenimiento, planificar las decisiones de captura y crear resultados digitales que se pueden compartir y debatir.

La lección más importante es que una buena documentación 3D no es solo una tarea de software. Se trata de un flujo de trabajo completo: objetivo, planificación, permisos, captura, procesamiento, revisión de la calidad, documentación, archivo y comunicación. WebODM ayuda a hacer visible este flujo de trabajo. Los drones amplían lo que se puede capturar, pero también exigen responsabilidad. El escaneo 3D ofrece otra vía para capturar la geometría, especialmente cuando los objetos o las condiciones dificultan la fotogrametría. Un proyecto exitoso no termina cuando el modelo tiene buen aspecto. Termina cuando el conjunto de datos está organizado, el proceso está documentado, se respetan las condiciones éticas y el resultado ayuda a las personas a comprender el valor del objeto o del lugar.



Reflexión

- ¿Qué parte del flujo de trabajo parece más importante para la calidad?*
- ¿Qué parte del flujo de trabajo parece más importante para la interpretación del patrimonio?*
- ¿Cuándo utilizaría un dron?*
- ¿Cuándo evitaría utilizar un dron?*
- ¿Qué mejoraría en una segunda versión de su proyecto?*

Bibliografia

Auledas, M. (2021). *Intel Realsense depth camera D435* [Photograph]. Wikimedia Commons.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Intel_Realsense_depth_camera_D435.jpg

Dr. Schorsch. (2010). *Principle of 3d fringe projection numbered* [Vector graphic]. Wikimedia Commons.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Principle_of_3d_fringe_projection_numbered.svg

Dwivedi, S. (2019). *DJI Phantom 4K drone in action* [Photograph]. Wikimedia Commons.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DJI_Phantom_4K_drone_in_action.jpg

Hixson, D. R. (2007). *Chun-air sar-dem-orthophoto* [Digital image]. Wikimedia Commons.

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chun-air sar-dem-orthophoto.jpg>

Matthewadams66. (2025). *3D Point Cloud Overview of Milton S. Eisenhower Library, Johns Hopkins University* [Digital image]. Wikimedia Commons.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:3D_Point_Cloud_Overview_of_Milton_S._Eisenhower_Library,_Johns_Hopkins_University.jpg

N.ELAC. (2019a). *Foto para exercício de fotogrametria - Pinha (56), N.ELAC* [Photograph]. Wikimedia Commons.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Foto_para_exerc%C3%ADcio_de_fotogrametria_-_Pinha\(56\),_N.ELAC.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Foto_para_exerc%C3%ADcio_de_fotogrametria_-_Pinha(56),_N.ELAC.jpg)

N.ELAC. (2019b). *Sede da Fazenda do Pinhal (143), N.ELAC* [Photograph]. Wikimedia Commons.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sede_da_Fazenda_do_Pinhal_%28143%29,_N.ELAC.png

Sorenson, J. (2018). *Quadcopter camera drone in flight* [Photograph]. Wikimedia Commons.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Quadcopter_camera_drone_in_flight.jpg

Wiora, G. (2005). *Photogrammetry Wiora EN* [Vector graphic]. Wikimedia Commons.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Photogrammetry_Wiora_EN.svg