

Directrices de digitalización 3D: pasos para el éxito

GUÍA BASADA EN EL ESTUDIO UE VIGIE2020/654 SOBRE
LA CALIDAD EN LA DIGITALIZACIÓN 3D DEL PATRIMONIO
CULTURAL TANGIBLE



DIRECTRICES DE DIGITALIZACIÓN 3D: PASOS PARA EL ÉXITO

Guía basada en el estudio UE VIGIE2020/654 sobre la calidad en la digitalización 3D del patrimonio cultural tangible

Esta guía está diseñada para ayudar a todo aquel interesado en su viaje hacia la digitalización 3D. Está dirigido específicamente a profesionales del patrimonio cultural que están considerando, o han comenzado ya, la digitalización de sus colecciones de patrimonio cultural tangible. Describe y simplifica las metodologías recomendadas en el Estudio VIGIE de la UE 2020/654 (Estudio sobre la calidad en la digitalización 3D del patrimonio cultural tangible, publicado en abril de 2022) y escrito en respuesta a la recomendación de la UE (UE 2021/1970 sobre un espacio común europeo de datos para el patrimonio cultural, publicado en noviembre de 2021) para que los Estados miembros digitalicen todos los monumentos y sitios en riesgo en 3D para 2030.

Esta guía ha sido creada en el marco del proyecto Eureka3D - European Union's REKOnstructed content in 3D, cofinanciado por la Unión Europea (Acuerdo de subvención n° 101100685).



Co-funded by
the European Union

Título de la imagen de portada:

El barco pesquero Lambousa. EU ERA and UNESCO Chairs on Digital Cultural Heritage - Cyprus University of Technology. Con el apoyo y cooperación del Municipio de Limassol.

Primera versión: junio de 2024

ISBN: 978-84-8496-324-0

Traducción: enero 2026

Directrices de digitalización 3D: pasos para el éxito

GUÍA BASADA EN EL ESTUDIO UE VIGIE2020/654 SOBRE
LA CALIDAD EN LA DIGITALIZACIÓN 3D DEL PATRIMONIO
CULTURAL TANGIBLE

Tabla de contenido

Introducción	5
Escenarios y partes interesadas	5
¿Por qué digitalizar en 3D?	6
Apuntes sobre la calidad	6
Apuntes sobre la complejidad	8
Digitalización 3D: pasos para el éxito	8
1. Planificación del proyecto	9
1.1. Gestión del proyecto	9
1.2. Descripción del proyecto	11
2. Documentación y trabajo in situ	12
2.1. Análisis de objetos/análisis de sitio	12
2.2. Solución técnica	13
2.3. Métodos de documentación 2D y 3D	14
3. Producción y entrega	17
3.1. Producción – gestión de datos	17
3.2. Resultados e informes	19
3.3. Producción	19
4. Archivo	20
Publicación y difusión	21
Lista de verificación: digitalización 3D paso a paso	23

Introducción

Esta guía está diseñada para ayudar a cualquier persona en su viaje hacia la digitalización 3D. Está dirigida específicamente a profesionales del patrimonio cultural que están considerando, o han comenzado ya, la digitalización de sus colecciones de patrimonio cultural tangible. Describe y simplifica las metodologías recomendadas destacadas en el **estudio VIGIE de la UE 2020/654** (Estudio sobre la calidad en la digitalización 3D del patrimonio cultural tangible, publicado en abril de 2022) y escrito en respuesta a la **recomendación de la UE** (UE 2021/1970 sobre un espacio común europeo de datos para el patrimonio cultural, publicado en noviembre de 2021) para que los estados miembros digitalicen en 3D todos los monumentos y espacios patrimoniales en riesgo antes de 2030. La guía se ha creado en el marco de **EUreka3D - European Union's REKconstructed content in 3D**, un proyecto cofinanciado por la Unión Europea (acuerdo de subvención n° 101100685).

Escenarios y partes interesadas

La adquisición de datos sobre bienes del patrimonio cultural tangible, ya sean muebles o inmuebles, presenta diferentes grados de complejidad, según el escenario y el contexto del usuario. Por ejemplo, los escenarios que involucran pequeños artefactos en entornos controlados son muy diferentes a la complejidad de los escenarios que involucran restos de naufragios submarinos u objetos en cuevas. Cada escenario requiere un análisis y una cuidadosa planificación previa para evaluar el nivel de complejidad. Esto permite al director de proyecto prepararse para los desafíos previsibles y completar con mayor precisión un proyecto dentro de limitaciones inevitables (por ejemplo, presupuesto, tiempo, personal/profesionales, recursos, equipos e infraestructura a utilizar, alcance de reutilización de los modelos, etc.).

Esta guía puede ayudar en tres contextos básicos:

- **Profesionales de la gestión de museos** que quieran digitalizar parcialmente o totalmente sus colecciones en condiciones controladas;
- **Administraciones Públicas** / Propietarios de Monumentos y/o espacios patrimoniales que deseen digitalizar objetos inmuebles de gran tamaño;
- **Partes interesadas que han decidido** digitalizar un espacio de patrimonio cultural completo.

Bienes muebles culturales: el patrimonio mueble abarca desde fotografías y pinturas hasta metales, cerámica, vidrio, madera, cuero, textiles y otros materiales compuestos. Puede ser bidimensional o tridimensional, estar hecho de uno o varios materiales y constar de una o varias capas.

Patrimonio cultural inmueble: el patrimonio inmueble consta de edificios, terrenos y otros elementos de valor histórico, generalmente con cimientos fijos conectados al terreno. Además de castillos, casas, mansiones y torres, también incluye iglesias, monasterios, rectorías, casas y palacios, arquitectura popular rural, monumentos técnicos e industriales, teatros, museos, columnas votivas de la peste y santuarios, entre otros objetos. Esta categoría también incluye cuevas y patrimonio cultural submarinos, como naufragios, ruinas submarinas y edificios, que contienen objetos arquitectónicos estructuralmente complejos, estructuras y mobiliario interior móvil de gran riqueza histórica.

Antes de seguir leyendo, le recomendamos [descargar el estudio completo](#) para obtener más detalles sobre las secciones relevantes para su escenario de digitalización.

¿Por qué digitalizar en 3D?

Cada objeto es único y tiene un valor significativo en la historia de la humanidad. La digitalización 3D es una herramienta valiosa para registrar la memoria de un objeto para la posteridad. Es importante capturar esto de manera profesional, correcta y lo más exhaustiva posible para evitar perder la narrativa en beneficio de las generaciones futuras.

Para satisfacer las necesidades de custodia y preservación a largo plazo y el máximo número de usuarios finales, se recomienda encarecidamente digitalizar con la mayor calidad disponible, lo que incluye registrar la mayor cantidad posible de información (metadatos, parámetros) y datos (datos geométricos). Esto aumentará la utilidad de sus esfuerzos y respaldará el seguimiento y la preservación digital de su contenido.

Apuntes sobre la calidad

La calidad no se mide simplemente por la resolución de salida y la precisión de los modelos 3D. Igualmente importante es la integridad de los registros de datos relacionados con el objeto y el proceso de digitalización.

En su forma más simple, un solo individuo puede transferir un objeto a un modelo 3D usando un teléfono móvil, que puede publicar en línea, todo en cuestión de horas. Sin embargo, el potencial de custodia, preservación y reutilización de estos modelos básicos, ya sea con fines de investigación o promoción, es muy limitado. Por el contrario, el nivel más alto de complejidad requerirá equipos coordinados de expertos, que capturen una serie de aspectos diferentes, utilizando sistemas de captura especializados de alta definición, en entornos que pueden cambiar con el tiempo o suspender cualquier forma de digitalización durante un período determinado. Esto implica mayores inversiones pero ofrece un resultado que es verdaderamente reutilizable por diferentes comunidades de sectores diversos (investigadores, sector de las humanidades, arquitectos, ingenieros, industria creativa, turistas, educadores, público en general) y que garantiza una preservación a largo plazo del modelo 3D.

Independientemente de lo fácil o complejo que pueda ser un proyecto de digitalización 3D, es de gran importancia esforzarse siempre por alcanzar el más alto nivel de calidad de la digitalización 3D en el sector del patrimonio cultural para producir un resultado que no se limite a la geometría y las texturas, sino que incorpore y recupere la memoria de un objeto. Esto incluye las historias interconectadas y el conocimiento asociado al objeto tangible. Por ejemplo, los orígenes de los materiales y/o su tecnología de producción pueden contar otra historia en la vida del objeto. Por lo tanto, es necesario documentar conocimientos adicionales en los parámetros y metadatos asociados con los archivos de datos que se generan en el proyecto de digitalización.

- **Archivos de datos:** se relaciona con el conjunto de archivos que componen el modelo 3D.
- **Metadatos:** se refiere a la información descriptiva asociada al objeto del patrimonio cultural representado en el modelo 3D.
- **Parámetros:** se refiere a la información que describe el proceso de digitalización y el contexto aplicado para crear el modelo 3D, lo que también permite realizar controles de calidad sobre el propio modelo. También incluye metadatos técnicos que el software captura automáticamente.

Sección 3.2 del Estudio VIGIE: La encuesta pública sobre calidad: ofrece información valiosa a partir de comentarios profesionales en relación con la calidad. Preste especial atención a la **Sección 3.2.2: Declaraciones de los encuestados sobre la calidad**, que proporciona un enfoque holístico de lo que define la calidad y cómo se puede considerar dentro de una amplia variedad de aspectos relacionados involucrados en proyectos de digitalización 3D, incluidos: precisión, tecnología, equipos, estándares, datos, procesamiento y campos especiales.

Apuntes sobre la complejidad

El Estudio VIGIE le ayuda a evaluar y medir la complejidad de su proyecto de adquisición de datos. Algunas de las métricas de complejidad descritas en el estudio y los pasos a continuación le resultarán obvias, otras pueden no serlo. Al comprender la complejidad, estará en mejores condiciones para planificar y entregar su proyecto a tiempo y dentro del presupuesto previsto. Las estimaciones de complejidad le ayudarán a identificar el equipo correcto, el equipamiento óptimo y documentar de forma más eficaz la historia completa de sus objetos/sitios, tanto visualmente en 3D como con los datos asociados que dan sentido a su digitalización. Sin tener una comprensión completa de la complejidad involucrada en su proyecto, es probable que descubra que sus modelos 3D no son adecuados para su propósito y, en el mejor de los casos, sólo sirven como referencia visual. Una comprensión previa de la complejidad también le permite tomar decisiones informadas sobre lo que puede o no hacer dentro del alcance del proyecto o reevaluar la escala de su adquisición de datos, como por ejemplo la calidad versus la cantidad.

Sección 3 del estudio VIGIE: Describe ampliamente las distintas capas de complejidad para la digitalización 3D. Seguir la **sección 3.9** y las **figuras adjuntas (20-21a-i)** le permite considerar los factores relevantes que contribuyen a la complejidad de su proyecto de digitalización 3D. Las **figuras 22-39** le permiten crear gráficos de complejidad radial que, cuando se combinan, ofrecerán una indicación visual clara de la complejidad del proyecto tanto para usted como para sus partes interesadas en la planificación y el progreso de su proyecto, para que los usuarios finales evalúen la calidad de los modelos 3D resultantes y para las generaciones futuras, que tendrán una mejor comprensión si consideran una digitalización posterior.

Digitalización 3D: pasos para el éxito

Sección 2.3 del estudio VIGIE: ofrece una descripción general de la planificación ideal de proyectos de digitalización para objetos inmuebles (**Figura 1**) y móviles (**Figura 2**). Tanto si está digitalizando internamente como si contrata profesionales externos para digitalizar, completar los datos para cada uno de los encabezados relevantes de las plantillas de plan de proyecto que se muestran en el estudio VIGIE2020/654 lo equipará con todo lo necesario para digitalizar con éxito objetos de patrimonio cultural en 2D/3D. Un plan de proyecto completo forma el marco de parámetros del proceso de digitalización.

El estudio VIGIE presenta dos planes de proyecto principales:

- Objetos muebles (Patrimonio Cultural Muebles, **ver apartado 3.5 página 44 del Estudio VIGIE2020/654**).
- Objetos inmuebles (Patrimonio Cultural Inmueble, según UNESCO **ver página 46 del Estudio VIGIE2020/654**).

Cada plantilla se divide en las mismas 4 áreas:

- **Planificación de proyectos**
- **Documentación y trabajo en situ**
- **Producción y entrega**
- **Archivo y conservación**

El principal punto de diferencia para los objetos inmuebles (Monumentos, Conjuntos de Edificios, Sitios) es que el Estudio VIGIE2020/654 los clasifica como sitio histórico. El trabajo basado en un espacio patrimonial aumenta la complejidad y se requieren consideraciones adicionales.

1. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

La primera sección de las plantillas del Plan de Proyecto son tareas administrativas que se separan en Gestión del Proyecto y Descripción del Proyecto.

1.1. GESTIÓN DEL PROYECTO

GESTIÓN DEL PROYECTO
Título del proyecto
Número de proyecto
Breve descripción del proyecto
Número de muestras
ID de objeto
Líder del equipo de producción
Identificación de equipo y roles
Cliente
Revisión de salud y seguridad
Contratistas externos
Plazos

GESTIÓN DEL PROYECTO

Consideraciones legales

Contratos

Acceso al sitio

Permisos requeridos

Acuerdos de propiedad intelectual

Cuestiones de derechos de autor

Algunas áreas importantes a tener en cuenta que aumentan la complejidad del proyecto incluyen:

Cliente: todas las partes interesadas durante un proyecto de adquisición de datos esperan resultados en forma de informes. Puede ser el propietario de los objetos, un organismo de financiación, una entidad privada o un departamento gubernamental, una combinación o incluso su propia organización. Es necesario establecer directrices claras para garantizar que el proyecto cumpla con las expectativas del cliente/las partes interesadas en cuanto a resultados de alta calidad.

Identificación de equipo y roles: la complejidad de su proyecto aumentará el nivel de experiencia que su equipo necesitará para ejecutarlo. A su vez, esto aumenta el presupuesto requerido. Es probable que tenga que volver a esta sección mientras evalúa otras áreas de complejidad.

Proveedores externos: es posible que, si bien algunos proyectos de digitalización 3D se puedan realizar internamente, el coste y la habilidad técnica necesarios para llevar a cabo la mayoría de las digitalizaciones 3D de alta calidad requerirán expertos externos para producir la digitalización o proporcionar otros servicios. En tales casos, dependiendo de los procedimientos establecidos en la institución (por ejemplo, para las instituciones públicas se debe convocar una licitación pública), la decisión de subcontratar puede afectar el cronograma del proyecto.

Si se contrata el trabajo, es esencial que la institución de patrimonio cultural, como actor clave, pueda expresar sus expectativas y requisitos técnicos para garantizar que se cumplan los estándares esenciales y no se desvincule demasiado del proyecto. Tome nota de todos los especialistas externos que puedan ser necesarios para entregar su proyecto, particularmente con las digitalizaciones sobre el terreno. La contratación y coordinación de múltiples proveedores externos aumentará, naturalmente, tanto la complejidad como el coste de su proyecto.

Figuras 21e y f del estudio VIGIE: para obtener más información sobre los esquemas del proyecto para proveedores externos y las consideraciones sobre la experiencia del proveedor externo o miembro del equipo.

Consideraciones legales / Contratos / Acceso al sitio / Permisos / Derechos de propiedad intelectual (DPI) / Cuestiones de derechos de autor: es fundamental considerar todos estos de antemano, ya que pueden crear barreras graves, incluso permanentes, para su proyecto. En primer lugar: el acceso al sitio, los permisos y los contratos pueden impedir la capacidad de digitalizar. En segundo lugar: los derechos de propiedad intelectual y los derechos de autor pueden impedir su capacidad de difundir (utilizar) los modelos 3D resultantes, lo que puede dar lugar a que no se cumplan los acuerdos pactados con sus partes interesadas (ver 1.2). Tome nota: el acceso al sitio y los permisos pueden ser críticos. Los derechos de acceso y las cuestiones de tiempo también aumentan en complejidad cuando se trata de proveedores externos.

Gráficos de complejidad radial relevantes de la sección del estudio VIGIE:

- **Figura 27:** Capas del parámetro de complejidad de los requisitos de las partes interesadas
- **Figura 29:** Capas del parámetro de complejidad de los requisitos del proyecto
- **Figura 30:** Capas del parámetro de complejidad del equipo

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Todos los aspectos de la Descripción del Proyecto son esenciales para las partes interesadas del proyecto. Estos describen, de antemano, las expectativas y los plazos para los informes. Con una buena planificación, todas estas áreas deberían ser factibles y no aumentar excesivamente la complejidad.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Descripción detallada del proyecto
Objetivos principales
Informes previstos
Etapas de desarrollo / Fechas de finalización

En las primeras etapas de planificación, es de suma importancia definir cuáles son los requisitos de las partes interesadas y aclararlos desde el principio. Esto incluye todos los aspectos éticos y de derechos de propiedad intelectual (para

paradatos, metadatos y datos) con cualquier otra organización, considerando cómo se utilizarán y/o reutilizarán los resultados finales después de compartirlos. Por ejemplo, en caso de que el propietario del objeto sea externo a las instituciones (por ejemplo, un prestamista de un objeto de museo o el municipio para monumentos y espacios de patrimonio cultural), es importante acordar los términos de preservación y reutilización a largo plazo de los recursos 3D. Se necesita el mismo acuerdo en caso de que la digitalización 3D se subcontrate a un proveedor de servicios. Además de aclarar estos aspectos, existen otros requisitos necesarios en la fase de planificación: dónde y cuándo se planea realizar la adquisición de datos, qué infraestructura, dispositivos, recursos humanos y presupuesto son necesarios y cuál es la calidad mínima de datos requerida (paradatos, metadatos).

Figuras del estudio VIGIE 21a-i: Proporcionar flujos de trabajo detallados sobre los requisitos de las partes interesadas, los entornos, las especificaciones de los objetos, los informes del proveedor externo, la experiencia del proveedor y las especificaciones del equipo a los que se debe hacer referencia en la planificación y en las etapas posteriores de su proyecto.

2. DOCUMENTACIÓN Y TRABAJO IN SITU

Esta sección cubre tres áreas principales que divergen, dependiendo de si el escenario del proyecto involucra un Objeto (mueble) o un Sitio (inmueble). Sin embargo, ambos abordan cuestiones similares.

- Objeto/Sitio: Análisis
- Solución técnica
- Métodos de documentación 2D y 3D

2.1. ANÁLISIS DE OBJETOS/ANÁLISIS DE SITIO

ANÁLISIS DE OBJETOS	ANÁLISIS DEL SITIO
Revisión inicial del objeto	Revisión/reconocimiento inicial del sitio
Condiciones del objeto	Condiciones del sitio
Obstrucciones potenciales	Posibles obstrucciones/oclusiones
Desafíos físicos	Posibles desafíos climáticos
Registro de información específica del objeto	Registro de información específica del sitio

En este caso, el estudio VIGIE le anima a realizar una revisión cuidadosa del sitio y/o de los objetos que contiene, tanto para medir los niveles de complejidad como para prepararse para cualquier complicación que pueda ocurrir. Como resultado, su proyecto puede requerir recursos adicionales, equipos especializados y miembros del equipo que lo ayudarán a planificar su equipo (**consulte 1.1 Gestión del proyecto**).

Esta sección funciona en paralelo a la siguiente sección que asigna complejidad en función del análisis realizado aquí. Por lo tanto, antes de completar la revisión del Análisis, es esencial comprender las medidas de complejidad descritas en la siguiente área del Estudio (Solución Técnica).

Posibles desafíos climáticos: Para los espacios patrimoniales, el clima es el factor variable clave que es incontrolable e impacta en la estabilidad y coherencia de la digitalización. Aquí se incluyen las condiciones ambientales (controladas o no) que pueden percibirse como factores que contribuyen a la complejidad. Se tienen en cuenta tanto las condiciones (climáticas) a largo plazo que se sabe que interfieren con la adquisición de datos 3D en general, como la lluvia, la nieve, el viento, las heladas, la niebla y la luz solar, como también las mediciones físicas que se vuelven críticas en los informes, como la temperatura, la humedad, la presión barométrica, la velocidad/dirección del viento, la contaminación del aire, etc. (Ver figuras 21g y 31 del Estudio VIGIE). El clima también puede crear retrasos que deben tenerse en cuenta durante la etapa de planificación del proyecto.

Cuadros de complejidad radial relevantes de la sección del estudio VIGIE:

- **Figura 31:** Capas del parámetro de complejidad del entorno.

Sección 2.7 a 2.9 del estudio VIGIE: Ofrece orientación para la adquisición en interiores/exteriores y controlada/no controlada, incluidos algunos consejos sobre equipos y posibles soluciones (**2.9**) que lo ayudarán a planificar ciertos desafíos. **Consulte también la sección 2.3 Planificación del proceso de digitalización**, que brinda información sobre las capacidades del equipo y lo que se puede hacer para mejorar su digitalización. Por ejemplo, la **Figura 5** ilustra las imágenes penetrativas y lo que cada tecnología puede mostrar debajo de la superficie de su objeto.

2.2. SOLUCIÓN TÉCNICA

SOLUCIÓN TÉCNICA
Descripción general
Fechas de Acceso Confirmadas

SOLUCIÓN TÉCNICA

Complejidad de objetos/complejidad arquitectónica (para objetos inmuebles)

Complejidad de la superficie

Material(es) y sus condiciones

Posibles desafíos de documentación

Una vez que se haya realizado el análisis de objeto/sitio, puede hacer una estimación de la complejidad para la recuperación de datos sobre un objeto/sitio asignando valores a los gráficos radiales (consulte Apuntes sobre la complejidad, más arriba).

Estudio VIGIE Sección 3.6-3.8, más Tabla 6: Proporciona información detallada sobre la complejidad de los objetos móviles. Consulte también la **Figura 20. Pasando de la complejidad del objeto a la complejidad del proceso**, que muestra consideraciones sobre la estructura geométrica, la estructura de la superficie y el material. Un factor adicional que podría ser importante para su proyecto es el seguimiento de la salud estructural, esto se menciona en 3.7 y las capas de complejidad se muestran en la **Figura 34**.

Cuadros de complejidad radial relevantes de la sección del estudio VIGIE:

- **Figura 28:** Capas del parámetro Complejidad del objeto.
- **Figura 33:** Capas del parámetro de calidad del material.
- **Figura 34:** Capas del parámetro de calidad de seguimiento de la salud estructural.

2.3. MÉTODOS DE DOCUMENTACIÓN 2D Y 3D

Se refiere a los equipos y los niveles de precisión, resolución y error acordados con las partes interesadas.

La evaluación del sitio/objeto combinada con los requisitos y limitaciones del proyecto le permite identificar el método de documentación más adecuado y el equipo de digitalización correspondiente.

MÉTODOS DE DOCUMENTACIÓN 2D Y 3D

Método(s) y herramientas de documentación propuestos

INTEGRIDAD DIMENSIONAL

Red de encuestas existente

Nivel de precisión acordado

MÉTODOS DE DOCUMENTACIÓN 2D Y 3D

Nivel de resolución acordado

Nivel de error acordado

Método(s) de documentación y herramientas propuestos

El equipamiento es fundamental para la calidad de su digitalización 3D y cada escenario requiere un hardware especializado diferente para optimizar la calidad de su producción.

Para **directores de museos** que quieran digitalizar objetos pequeños (móviles) en condiciones controladas; un sistema de fotogrametría es el método más común que permite flexibilidad y calidad (**ver página 17 del Estudio VIGIE**).

El Estudio VIGIE cuenta con diferentes referencias de equipos que pueden ayudarle a identificar el método de documentación correcto para su proyecto:

Apartado 2.3: Planificación del Proceso de Digitalización.

Sección 2.4: Categorías de documentación activa y pasiva.

Sección 2.5.1: Sistemas de documentación activos.

- Estación total
- Sistemas globales de navegación por satélite (GNSS)
- Escaneo láser terrestre (TLS)
- Escáneres láser móviles (MLS)
- Sistemas de escaneo de luz estructurada (SLS)
- Sistemas ópticos de triangulación 3D
- Sistemas híbridos
- Cámaras de profundidad o alcance

Sección 2.5.2: Sistemas de documentación pasiva.

- Fotogrametría aérea
- Fotogrametría

Sección 2.6: Tecnologías multisensoriales y de escaneo múltiple.

Tabla 1: Ventajas y desventajas de diversas tecnologías de documentación.

Tabla 8: Tecnologías de captura de datos 3D en relación con la complejidad del objeto.

Figura 26: Descripción general de los pasos de preprocesamiento.

Cuadros de complejidad radial relevantes de la sección de estudio VIGIE:

- **Figura 24:** Capas del parámetro de complejidad del Equipo de Software y Hardware.
- **Figura 25:** Capas del parámetro de complejidad de preprocesamiento.

Nivel acordado de precisión/resolución/error

Los niveles de precisión geométrica son esenciales para los proyectos de digitalización 3D; sin precisión, sus modelos 3D pueden estar incompletos, carecer de detalles o crear aberraciones no deseadas que pueden hacer que un modelo 3D no sea apto para su uso por parte de usuarios finales profesionales. Los diferentes tipos de equipos utilizados para documentar sus modelos 3D tendrán distintos niveles de precisión y están optimizados para los diferentes escenarios para mostrar detalles extremadamente finos o, de manera más amplia, al inspeccionar sitios grandes. Los niveles de precisión/resolución/error deben ser acordados por las partes interesadas en las primeras etapas de planificación del proyecto. El equipamiento y los métodos correctos, en manos de operadores capacitados, deben alcanzar altos niveles de precisión y resolución, pero tenga en cuenta que parámetros como los materiales, el clima y los factores ambientales pueden afectar seriamente la precisión y el margen de error.

El Estudio VIGIE tiene una serie de referencias sobre precisión/resolución/error:

Sección 2.2: Terminología – Exactitud y Precisión.

Tabla 1: Ventajas y desventajas de diversas tecnologías de documentación.

Sección 2.10: Datos Derivados del Proyecto.

Sección 3.2.2: Declaraciones de los encuestados sobre la calidad.

Tabla 4: Grados de calidad de los objetos (de dos estudios de la UNESCO).

Sección 3.4: Factores limitantes en un proceso de digitalización 3D.

Tabla 5A: Límites de registro de tecnología actual.

Tabla 5B: Límites actuales de resolución adecuados para el propósito (producción).

Apartado 3.12.1: La incertidumbre como expresión general de la calidad en la digitalización 3D.

Cuadros de complejidad radial relevantes de la sección del estudio VIGIE:

- **Figura 35:** Capas del parámetro de calidad de geometría 2D.
- **Figura 36:** Capas del parámetro de calidad de geometría 3D.
- **Figura 37:** Capas del parámetro de calidad de imagen de textura.
- **Figura 38:** Capas del parámetro de calidad de imagen de escala.
- **Figura 39:** Capas del parámetro de calidad de imagen espectral.

3. PRODUCCIÓN Y ENTREGA

Esta sección del Plan del Proyecto incorpora las consideraciones finales antes de la digitalización, la documentación de datos durante la digitalización y las tareas de producción posteriores a la digitalización necesarias para la entrega final.

- Producción – Gestión de datos
- Resultados e informes
- Producción

3.1. PRODUCCIÓN – GESTIÓN DE DATOS

Una vez que se haya acordado la precisión requerida y el método y equipo de digitalización correspondientes, se deben confirmar las soluciones de captura de datos y se deben cumplir las convenciones. Al decidir sobre los formatos de archivos de datos, es importante conservar la integridad total de la digitalización, así como la flexibilidad para que los usuarios vean el modelo 3D. Como resultado, se recomienda considerar tanto los archivos de datos sin comprimir disponibles para los profesionales que los soliciten como los formatos de archivos de datos optimizados para permitir que sus modelos 3D sean difundidos y vistos por la mayor cantidad de usuarios finales en una amplia variedad de plataformas (prestando especial atención a la compatibilidad de los visores 3D y la sostenibilidad).

PRODUCCIÓN - GESTIÓN DE DATOS
Solución de captura de datos confirmada
Consideración / tolerancias de captura de datos
Método de documentación de datos
Convenciones de nomenclatura de archivos
Convenciones de tipos de archivos
Formato de archivo no propietario: control/conversión
Documentación de metadatos
Documentación de parámetros

La **sección 4** del Estudio VIGIE detalla los **estándares y formatos** de datos de digitalización 3D. Esto incluye:

Sección 4.1: Tipos de datos (Datos de propiedad/Datos abiertos).

Sección 4.2: Formatos de datos.

Sección 4.3: Esquemas de metadatos para estructuras 3D.

Sección 4.4: Identificación de vacíos, formatos adicionales, estándares.

Registro de metadatos: los modelos de metadatos describen los derivados digitales. Es probable que la entrada de metadatos se procese una vez completado el proceso de digitalización, pero se puede realizar con antelación en una hoja de cálculo separada o en un sistema DAM listo para importar/vincular a los modelos 3D publicados. Los metadatos, al estar basados en texto, son esenciales para el descubrimiento de sus modelos a través de motores de búsqueda. Ya sea que sus modelos 3D se coloquen en grandes plataformas agregadas o en pequeñas plataformas locales, la información relevante que agregue a los metadatos mejorará la capacidad de descubrimiento mediante búsqueda directa, búsquedas filtradas o búsqueda de datos construidos. Además, los metadatos de preservación son datos semánticos vitales que respaldan la preservación a largo plazo de los registros de objetos digitales. Es un paso crucial para las partes interesadas de patrimonio cultural que invierten en digitalización y se ha vuelto común en la documentación de colecciones. Los mayores desafíos en materia de preservación de metadatos son desarrollar un marco uniforme, que incluya la información semántica necesaria; y en qué formato se deben modelar los objetos.

La **sección 4.3** del Estudio VIGIE describe esquemas de metadatos para estructuras 3D.

Registro de parados: La importancia de registrar parados, es decir, la información sobre el proceso de adquisición de datos, es altamente reconocida en la comunidad científica. La documentación de parados comenzará con la planificación del proyecto y continuará durante la adquisición digital. Ejemplos de parados pueden ser el personal que llevó a cabo la digitalización, el equipamiento utilizado, la iluminación y las condiciones ambientales presentes en el momento de la digitalización. Toda la información de complejidad estimada en la etapa de planificación tendrá un valor de parados correspondiente durante la adquisición digital.

La captura y entrega de parados proporciona información clave que puede ser de vital importancia para algunos usuarios. Si bien existen diferentes iniciativas y esfuerzos centrados en la descripción de parados, el Patrimonio Cultural carece de un modelo de esquema formal para expresarlos; además, es evidente que registrar y mantener una gama completa de parados puede resultar engorroso para algunas instituciones de patrimonio cultural, especialmente en términos de entrada de datos administrativos detallados, junto con posibles actualizaciones. Los equipos

u otras herramientas pueden ayudar al registrar automáticamente algunos parados, pero es importante asegurarse de que se hagan los mejores esfuerzos para registrar los detalles del proceso de digitalización.

3.2. RESULTADOS E INFORMES

La sección de resultados e informes cubre las tareas administrativas. Hay requisitos que es necesario acordar de antemano, confirmando que el proyecto entregará un resultado específico. El número de artículos, en los formatos acordados, con los datos acordados. Cuando se entrega el proyecto, esto debe verificarse junto con la fecha de finalización con la aprobación del cliente.

RESULTADOS E INFORMES
Requisitos de entrega (incluidos el informe técnico/las especificaciones, los metadatos y los datos)
Fecha de finalización
Cierre de sesión del cliente

3.3. PRODUCCIÓN

La producción implica el procesamiento de los archivos de datos que han sido capturados y entregados por los equipos de digitalización. Los datos RAW producidos a partir de la digitalización deben archivarlos primero y luego limpiarse/procesarse previamente para crear un modelo 3D que sea adecuado para su propósito y cumpla con las expectativas de las partes interesadas. La producción requiere profesionales multidisciplinarios capacitados; los niveles de complejidad del proceso de producción reflejan los de la digitalización, es decir, los pequeños objetos móviles en entornos controlados son los menos complejos, mientras que los sitios completos y las estructuras multi-arquitectónicas detalladas que consisten en interconectar aspectos internos y externos serán muy complejos de procesar con precisión y requerirán personal altamente calificado.

PRODUCCIÓN
Gestión de producción
Resumen técnico y de producción
Método de producción confirmado
Etapas de producción confirmadas y fechas de control
Revisiones y aprobaciones de producción condicionales

PRODUCCIÓN

Cierres

Entrega

4. ARCHIVO

La parte final del Plan del Proyecto es realizar copias de seguridad y contar con un plan de gestión de archivos. Es de vital importancia mantener la integridad de sus datos durante todo el proyecto y para el almacenamiento permanente una vez que esté completo. Haga una estimación generosa del almacenamiento de datos que pueda necesitar durante la adquisición digital, junto con los requisitos de posprocesamiento y archivo. Las consideraciones incluyen dónde se guarda el almacenamiento, internamente/en la nube, el proveedor de almacenamiento y el coste del mantenimiento/preservación a largo plazo de sus datos.

COPIA DE SEGURIDAD Y ARCHIVO

Procedimientos de copia de seguridad

Método de archivo de datos del proyecto

La digitalización 3D produce muchos archivos que consumen grandes cantidades de almacenamiento digital. La integridad de estos datos corre mayor riesgo mientras el proyecto está en proceso y es necesario garantizar la copia de seguridad de los datos a medida que se crean y procesan para evitar la re-digitalización, que será costosa y generará demoras.

Una vez completado, todos los datos de su proyecto deben archivar. Esto incluye archivos de datos, metadatos, parámetros: archivos de trabajo, modelos 3D completos de la más alta calidad y datos asociados, modelos 3D completos de calidad optimizada para una difusión flexible. Se recomienda encarecidamente conservar una copia completa en una matriz de almacenamiento fuera de línea para realizar copias de seguridad.

Una preocupación adicional es el archivo de datos personales o privados. Las personas deben ser informadas y ofrecer su consentimiento firmado cuando almacenen datos personales.

Publicación y difusión

Apuntes sobre el uso y reutilización de objetos del patrimonio cultural en 3D

Los objetos digitales 3D proporcionan más detalles, escala y posibilidades de interacción en profundidad que sus equivalentes 2D. Esto tiene varios impactos, pero sobre todo las experiencias 3D pueden proporcionar formas más inmersivas de explorar el patrimonio cultural. Los objetos 3D son recursos útiles para el aprendizaje, la educación y la investigación, para explorar, preservar y controlar sitios y monumentos patrimoniales y para ayudar a reconstruir el patrimonio. Los modelos 3D de objetos, monumentos y sitios de museos se pueden reutilizar en experiencias de Realidad Virtual (VR) y Realidad Mixta/Extendida (MR, XR) o Metaverso, como visitas virtuales o capacitación remota, y en aplicaciones de Realidad Aumentada (AR) para educación, turismo y visitas a ciudades/museos. Además, a partir de los modelos 3D es posible producir modelos impresos (creación rápida de prototipos), útiles para la participación de los niños, la manipulación y enseñanza de artefactos, experiencias sensoriales y de accesibilidad para ofrecer a visitantes con discapacidades y otras reutilizaciones creativas aprovechando la impresión 3D.

Por último, pero no menos importante, otro ámbito importante que se beneficia enormemente de la digitalización 3D es la investigación. Esto es especialmente relevante para los sitios, monumentos y objetos patrimoniales que se consideran en riesgo. La digitalización 3D permite el análisis y el seguimiento detallados de monumentos, sitios y objetos del patrimonio cultural, ya sea en interiores, exteriores o bajo el agua, incluida la medición, la observación de detalles que no son fácilmente visibles a simple vista o en una simple documentación 2D, la comparación de detalles de objetos relacionados de tipo similar y el seguimiento del impacto de factores específicos en los objetos a lo largo del tiempo (como el viento, la contaminación, la erosión, el tráfico de visitantes).

Por último, el escaneo 3D de objetos es crucial en la lucha contra el tráfico ilícito de bienes culturales: la presencia de modelos 3D en las bases de datos de obras robadas utilizadas por la policía y las aduanas permite ganar velocidad y eficiencia en la identificación in situ de estos objetos.

Las diversas partes interesadas y categorías de reutilizadores de los modelos 3D pueden tener diferentes necesidades y requisitos; sin embargo, el punto de partida para permitir el uso y la reutilización de los modelos 3D es la capacidad de descubrimiento. Además de publicar y difundir la colección 3D en el sitio web de la institución, plataformas paneuropeas como Europeana,

el European common data space for cultural heritage (la próxima nube colaborativa europea para el patrimonio cultural) y las infraestructuras y repositorios electrónicos dedicados a las diversas comunidades de investigación ofrecen oportunidades para compartir y vincular conjuntos de datos sobre el patrimonio cultural 3D con un público más amplio.

Publicar un objeto 3D en línea: desafíos técnicos

Muy a menudo, el procesamiento de datos 3D en línea se realiza desde el lado del cliente, por lo que el dispositivo real utilizado por el usuario juega un papel clave y debe tenerse en cuenta al diseñar experiencias 3D, que se ven afectadas por las limitaciones de la red, la memoria del ordenador o la capacidad de procesamiento.

La industria 3D ha evolucionado mucho a lo largo de los años, pero aún carece del nivel de estandarización que tiene el contenido 2D. Esta falta de estándares para el uso de datos 3D hace que sea un desafío decidirse por un formato 3D universal.

No existe una alineación completa entre el software 3D para procesar datos 3D y el software para visualizar o ofrecer experiencias 3D a los usuarios. En este caso, algunos proveedores de contenido pueden utilizar un formato para el archivo de datos 3D, pero esta puede no ser la mejor opción para la visualización o entrega a los usuarios finales. Por ejemplo, OBJ es un formato ampliamente conocido, comúnmente aceptado por el software 3D y las bibliotecas de visualización 3D, pero ocupa menos espacio para los datos, lo que lo convierte en una mala elección si los datos que se van a enviar a través de una red son demasiado grandes. Estos casos pueden beneficiarse de un formato binario como PLY. Algunos algoritmos y formatos 3D se centran en la relación de compresión, mientras que otros se centran en el rendimiento.

Generalmente se trata de una compensación: la compresión hace un uso más eficiente del espacio (beneficiando, por ejemplo, el almacenamiento o la transferencia de un archivo), pero aumenta el esfuerzo de procesamiento (tanto para comprimir como para descomprimir los datos). Estos no son problemas intrínsecos del 3D, ya que el contenido 2D también los padece, pero son más prominentes en 3D porque el 3D es de naturaleza más compleja y el contenido 3D requiere cantidades mucho mayores de espacio que el contenido 2D, lo que afecta su almacenamiento, procesamiento y transferencia a través de una red.

Por lo tanto, se recomienda considerar la creación del modelo 3D en diferentes versiones y formatos, para adaptarse a los diferentes requisitos de los usuarios (por ejemplo, los usuarios profesionales pueden necesitar un modelo de mayor resolución disponible para descargar y obtener datos sin conexión fuera de línea, mientras que para fines de difusión, una versión comprimida compartida con un visor integrable podría ser suficiente para que el usuario disfrute del contenido).

Apuntes sobre el etiquetado de derechos

Los objetos 3D pueden generar un escenario complejo sobre los derechos que se adjuntarán al modelo una vez publicado. En términos generales, para respaldar el mayor uso y reutilización de los modelos 3D, se recomienda

considerar un enfoque de acceso abierto. Especialmente cuando el modelo 3D es una representación fiel de un objeto del mundo real, no se espera que se impongan derechos adicionales (lo que significa que si el objeto está en el Dominio Público, su representación digital, ya sea en 2D o 3D, también debería ser Dominio Público). Sin embargo, puede haber limitaciones que impidan adoptar este enfoque, como las legislaciones nacionales, los acuerdos contractuales o los métodos utilizados para crear el modelo. Por ejemplo, muchos poseedores de colecciones no tienen experiencia ni equipo para realizar la digitalización 3D internamente y, por lo tanto, la tarea a menudo se subcontrata a proveedores de servicios que están contratados para realizar el escaneo y generar los modelos. Además, dependiendo de los métodos empleados para modelar el objeto 3D, el objeto puede ser el resultado del trabajo de varias personas y, en caso de que se utilice un método creativo, propiedad intelectual del artista. Esto también puede significar que el mismo objeto físico puede tener diferentes reproducciones 3D con diferentes características, que pueden tener diferentes derechos (por ejemplo, una digitalización fiel de ruinas arqueológicas versus su reconstrucción virtual recolorada creativamente). Por lo tanto, es de suma importancia aclarar los derechos en el contrato o acuerdo de servicio con el proveedor del servicio, a fin de permitir que el titular del contenido conserve la máxima libertad para compartir el modelo con una licencia de reutilización.

Lista de verificación: digitalización 3D paso a paso

Antes de empezar: éstas son las principales preguntas que deberías poder responder para un proyecto de digitalización 3D.

Diseñe un plan de proyecto y mida los niveles de complejidad de acuerdo con los siguientes pasos.

Planificación de proyectos

1. Identifica qué estás digitalizando. ¿Por qué es importante?
2. ¿Cuáles son los requisitos de las partes interesadas? Expectativas, informes y plazos
3. Identifique y forme su equipo: ¿personal interno? ¿Contratistas externos? ¿Nivel de experiencia?
4. Resuelva cuestiones legales y otras barreras para el éxito de su proyecto. P.ej. Acceso al sitio, contratos y cuestiones legales, permisos, DPI y copyright.
5. Cree una descripción detallada del proyecto con objetivos y plazos de desarrollo con aportes de sus partes interesadas/cliente.

6. Lleve a cabo una visita al sitio y una evaluación de objetos, midiendo la posible complejidad climática y ambiental y los desafíos que podrían necesitar solución, cuando sea posible.
7. Calcule la complejidad de sus objetos/sitios de digitalización utilizando los gráficos radiales propuestos. Reevaluar los plazos, el equipo, la experiencia y los costes como resultado.
8. Acuerde métodos de documentación (equipos) que sean adecuados para su proyecto y que cumplan con el nivel acordado de precisión/resolución requerido por las partes interesadas.
9. Confirmar soluciones de captura de datos: convenciones de datos
10. Considere el almacenamiento de datos necesario durante la adquisición digital y el posprocesamiento, incluidas las copias de seguridad para garantizar la integridad durante esta fase de alto riesgo. Así como los costos de sostenibilidad (almacenamiento/en línea) del mantenimiento de los modelos 3D producidos en su proyecto.

Documentación y trabajo en situ

11. Documente los paradosos detallados durante la adquisición digital. Vuelva a ingresar los valores exactos de cualquier medida de parámetro estimada previamente. Además, cualquier otra información para describir el proceso de digitalización.
12. Documente los metadatos (los detalles descriptivos del objeto en sí, incluidos los metadatos de preservación)
13. Evaluar/validar la precisión, la resolución y el error de la salida de archivos de datos Raw en comparación con los requisitos de las partes interesadas y el uso previsto antes del cierre.

Producción y entrega

14. Procese sus archivos de datos Raw en un modelo 3D viable. Recuerde que es probable que necesite un modelo 3D de resolución completa y archivos asociados almacenados fuera de línea para entregárselos a los profesionales, previa solicitud. Además, un modelo 3D optimizado que es flexible para mostrarse en una amplia gama de plataformas (visores 3D).

Archivar y preservar

15. Cree una copia de seguridad de todos sus datos finalizados. Recuerde adquirir el consentimiento si almacena datos personales.
16. Asigne etiquetas de derechos a sus modelos 3D de acuerdo con los permisos de las partes interesadas relevantes.
17. Publique sus modelos 3D incluyendo todos los metadatos y paradosos.
18. Difunda su proyecto entre sus grupos de interés objetivos.

SOCIOS EUREKA3D Y EUREKA3D-XR

PHOTOCONSORTIUM

Ajuntament  de Girona

 Cyprus
University of
Technology


unesco
Chair

B I B R A C T E

MUSEO
della
CARTA
PESCIA

 europeana

 umec

 egi

 CYFRONET

 WCSS



 wing.it
Software Engineering Italia

 meemoo
FLEMISH INSTITUTE FOR ARCHIVES

MIRALabSARL

MEDIO OFICIAL ASOCIADO

DIGITAL 
www.digitalmeetsculture.net



**Co-funded by
the European Union**

El proyecto EUreka3D está cofinanciado por el Programa Europa Digital
de la Unión Europea, GA n. 101100685

www.eureka3d.eu



@eureka_3d



@eureka3d_



@EUreka_3D



@EUreka3D