

# Registro digital de mapas del fondo Pedro Bosh-Gimpera empleando técnicas fotogramétricas

## Información del reporte:

Licencia Creative Commons



El contenido de los textos es responsabilidad de los autores y no refleja forzosamente el punto de vista de los dictaminadores, o de los miembros del Comité Editorial, o la postura del editor y la editorial de la publicación.

Para citar este reporte técnico:

Casas Cordero, A. et al. (2024). Registro digital de mapas del fondo Pedro Bosh-Gimpera empleando técnicas fotogramétricas. *Cuadernos Técnicos Universitarios de la DGTIC*, 2(4) páginas (49 - 64).

<https://doi.org/10.22201/dgtic.ctud.2024.2.4.75>

## Araceli Casas Cordero

Dirección General de Cómputo y de  
Tecnologías de Información y Comunicación  
Universidad Nacional Autónoma de México

[casas@unam.mx](mailto:casas@unam.mx)

ORCID: 0009-0006-3884-0517

## Alicia Ascención Reyes Sánchez

Instituto de Investigaciones Antropológicas  
Universidad Nacional Autónoma de México

[alicia.reyes61@iia.unam.mx](mailto:alicia.reyes61@iia.unam.mx)

ORCID: 0009-0009-9612-4481

## Emilio José Quiroz Galván

Dirección General de Cómputo y de  
Tecnologías de Información y Comunicación  
Universidad Nacional Autónoma de México

[eqg26@comunidad.unam.mx](mailto:eqg26@comunidad.unam.mx)

ORCID: 0009-0006-8843-6889

## Víctor Hugo Franco Serrano

Dirección General de Cómputo y de  
Tecnologías de Información y Comunicación  
Universidad Nacional Autónoma de México

[vhfranco@unam.mx](mailto:vhfranco@unam.mx)

ORCID: 0000-0001-8788-9081

## Resumen

El reporte que se presenta es una experiencia interdisciplinaria para preservar una selección de 34

mapas de la colección personal del arqueólogo y prehistoriador Pedro Bosch-Gimpera, en donde analiza el desplazamiento de la humanidad durante la prehistoria al continente americano. Para llevar a cabo el registro digital, se emplearon técnicas fotogramétricas, las cuales tienen como ventaja el no ser tecnología invasiva; toda la información se recolectó *in situ* para evitar una reacción que acelerara el deterioro del material. Los resultados obtenidos lograron registrar los detalles de los trazos finos que realizó el autor sobre la obra.

### Palabras clave:

Fotogrametría, reprografía, corrección ortogonal, preservación de documentos.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Instituto de Investigaciones Antropológicas (IIA) de la UNAM, a través del Departamento de Fondos Documentales Alfonso Caso, resguarda una importante colección de archivos personales que contribuyen al conocimiento de la antropología mexicana del siglo XX. Cada acervo conserva un valor sustantivo y es competencia de las especialidades que conforman a esta ciencia social: arqueología, antropología física, lingüística y etnología. Específicamente, la *Colección de Mapas, Pedro Bosch-Gimpera* consta de 836 obras únicas elaboradas en papel vegetal y son representaciones geográficas que muestran los movimientos del ser humano prehistórico a través de los continentes.

Actualmente, el acervo se encuentra en condiciones de conservación óptimas (Consejo de Cooperación Bibliotecaria, 2021), sin embargo, su naturaleza es frágil, ya que cada uno de los ejemplares está formado por hojas unidas con pegamento. Asegurar su permanencia en el tiempo tiene la complicación de que es inevitable el proceso de envejecimiento natural del papel debido a la presencia de luz y humedad, los cuales ocasionan un cambio en la coloración del material, así también, la presencia de microorganismos tiene efectos degradantes que pueden provocar la destrucción física parcial o total del documento, o el ataque de insectos que se nutren de los componentes orgánicos del papel (Tomé, 2017). Además de esto, la destrucción mecánica se presenta por un proceso de acidificación (*Preservation of historical records*, 1986).

La relevancia de preservar una obra inédita en formato digital tiene los beneficios de proteger la información, prolongar la conservación del material original y extender la consulta a una amplia comunidad académica interesada en el tema (Mondal & Das, 2023) por la facilidad de difusión del contenido de un archivo digital (Zoë, 2024). Cabe mencionar que la colección de mapas está debidamente organizada y catalogada, lo cual facilitó la selección de la obra, además de conocer otros detalles. A pesar de ello, fue necesario revisar físicamente algunos de los materiales para determinar la importancia de registrar el color y todos aquellos detalles que ofrecieran datos determinantes sobre el contexto, como algunas manchas o aparente deterioro en el papel.

Para responder al problema, se acordó emplear técnicas de registro digital no invasivas y se consideró que el procedimiento de registro se realizaría dentro del Departamento de Fondos Documentales Alfonso Caso del IIA para facilitar su manipulación y evitar que el material presentara una reacción química al modificar su ambiente natural. También se definió la temática de los mapas y se seleccionaron 34 piezas de la *Colección de Mapas y Planos del Fondo Pedro Bosch-Gimpera* que describen el *Poblamiento temprano*

de América. El alcance prospectado fue obtener archivos con una resolución que permitiera ver con detalle tanto las anotaciones textuales como los trazos realizados en tinta por el autor.

El objetivo del presente reporte es garantizar la consulta de las 34 piezas de la *Colección de Mapas y Planos del Fondo Pedro Bosch-Gimpera*, facilitar el acceso y preservar el acervo en formato digital, empleando técnicas de fotogrametría para realizar el registro y obtener alta fidelidad en la información contenida.

## 2. DESARROLLO TÉCNICO

Una de las principales barreras para lograr la preservación digital a través del tiempo, es la obsolescencia tecnológica (Aber, et al., 2010). El dispositivo de captura es un componente esencial que define la calidad de la imagen (Ariño, 2021) y el formato que tendrán los archivos, pero se debe tener presente que, en un periodo corto de tiempo, el modelo del escáner u otro dispositivo tendrá una actualización que mejorará a su predecesor y estará relacionada con la tecnología óptica, los formatos gráficos y el soporte de mantenimiento. Éste tendrá una vigencia finita, por lo que elegir el equipo se convierte en un importante desafío debido a que la calidad del trabajo estará subordinada a las condiciones descritas.

Existe una amplia gama de dispositivos para digitalizar documentos históricos; en una breve reflexión sobre la tecnología disponible para desarrollar el proyecto (Multitec S.A. 2019), se consideró el escáner de gran formato y una cámara DSLR (*Digital Single Lens Reflex* por sus siglas en inglés). La adquisición del escáner no era una opción viable, no obstante, se examinó la oferta de estos dispositivos, los cuales, en promedio, se encuentran entre \$11,490.00 USD<sup>1</sup> y \$43,990.00 USD<sup>2</sup>. Los equipos con mejor calidad óptica se encuentran entre los más costosos, sin embargo, la propuesta se centró en aplicar la técnica de fotogrametría de corto alcance (Autodesk, s.f.), la cual requiere de una cámara fotográfica<sup>3</sup> réflex y tripie, realizar múltiples tomas fotográficas y procesar las imágenes con software fotogramétrico. La ventaja de emplear la tecnología es que se cuenta con la experiencia para ello.

La fotogrametría se describe como el arte, ciencia y tecnología empleada para obtener información confiable sobre los objetos físicos y el medio ambiente, relacionada con la forma, dimensiones y posición en el espacio, a través del registro de imágenes fotográficas (Aber, et al., 2010). Algunas fuentes datan el nacimiento de esta área de conocimiento en el año 1858 (Global - Mediterránea&Geomática, 2018) y se destaca, sobre su evolución, que ha transitado desde una naturaleza análoga con equipo optomecánico, hasta derivar en soluciones asistidas por computadora a través de algoritmos matemáticos. Esto hace evidente que hay un importante respaldo de desarrollo en esta materia, además de que los dispositivos ópticos (cámaras DSLR) son compatibles en la actualidad.

El resultado esperado del proceso fotogramétrico es información 3D de las fotografías (Autodesk, s.f.), lo cual implica que cada punto de la superficie de los mapas registrados tiene una coordenada XYZ, con la que se obtiene un modelo tridimensional. La aportación principal de aplicar la técnica descrita es obtener la posición precisa de la cámara con respecto a la superficie capturada, esto permite manipular la vista para obtener proyección ortogonal, ortoproyección, de la imagen fotográfica.

1 <https://sourcegraphics.com/product/widetek-36-scanner/>

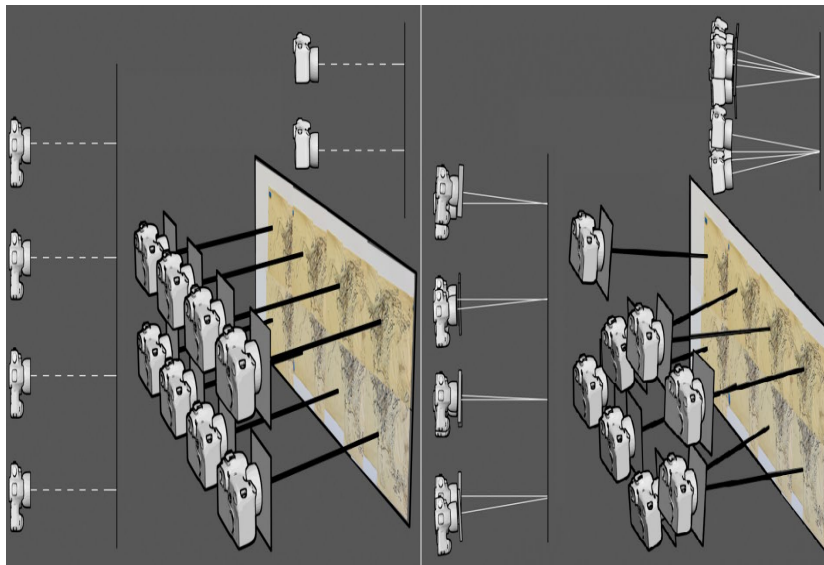
2 <https://www.scantastik.com/hardware/widetek-scanners/wide-format-scanner-36-ART.html>

3 Tecnología que ofrece prestaciones técnicas suficientes.

La ubicación de la cámara, en un sistema de coordenadas 3D, se obtiene al realizar el procesamiento fotogramétrico y permite reubicar la cámara en una posición paralela a la superficie del mapa. Es en esta etapa que se corrige la distorsión geométrica de la fotografía y se ensamblan las imágenes para reconstruir el mapa registrado en un plano con una orientación, como se observa en la Figura 1.

### Figura 1

*Caracterización de las tomas realizadas*



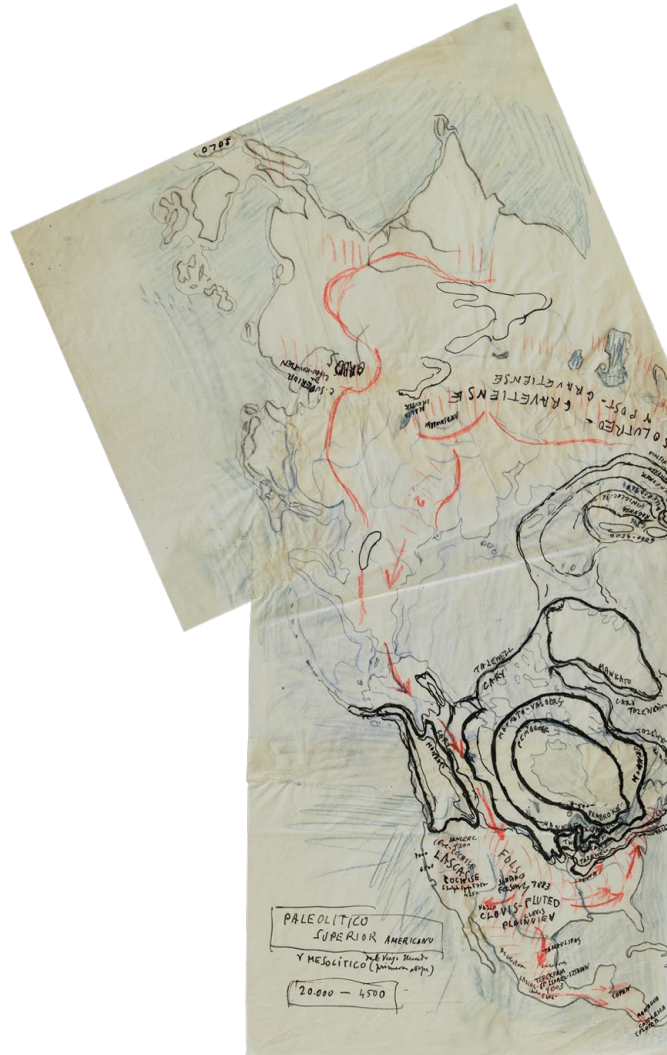
*Nota.* Se observa que la posición de la cámara no tiene una alineación paralela al mapa capturada.

En la realización del registro fotográfico, se buscó alinear la cámara perpendicular a la superficie del mapa con un nivel de burbuja A pesar de ello, la posición de la cámara tuvo variaciones, es decir, algunas rotaciones mínimas, así como se muestra en la Figura 1. Sin embargo, una ventaja de aplicar la técnica fotogramétrica es que ofrece la posibilidad de corregir los errores.

Al terminar este procedimiento, se calcula la ortoproyección de la imagen, como se muestra en la Figura 2.

## Figura 2

Asia. Paleolítico superior americano y Mesolítico del viejo mundo 20000 – 4500



*Nota.* El mapa que se presenta es el resultado final con los procedimientos de ensamble, corrección geométrica y ortoproyección.

El producto final de cada uno de los mapas es un archivo digital en alta resolución y se considera un máster de alta calidad, este material debe tener un riguroso análisis para su conservación en relación con el formato de resguardo, por lo que se consultaron diversas fuentes y para el desarrollo de este trabajo se adoptaron las recomendaciones realizadas por la Biblioteca del Congreso, relacionadas con evitar el uso de formatos con compresión, interpolados y el uso de capas. Sin embargo, se recomiendan las extensiones TIFF, JPEG200, PNG y JPEG/JFIF (*Library of Congress, s.f.*), aunque pueden ser obsoletas en algún momento y, en consecuencia, tendrán incompatibilidad con programas y aplicaciones (Robledano, et al., 2021).

### 3. METODOLOGÍA

El procedimiento realizado se describe en tres etapas: La primera consiste en el diseño de la estrategia para tratar los mapas y la orientación con respecto a la cámara; la segunda se refiere a las condiciones de la toma fotográfica; y la tercera es el proceso de gabinete para calcular las imágenes ortogonales.

#### Tratamiento de los mapas

La selección de mapas con el tema de “Poblamiento temprano de América” presenta dimensiones diversas y, en algunos casos, los documentos se almacenan doblados para protegerlos en guardas de polipropileno. Adicionalmente, el papel vegetal de algunos ejemplares tiene un gramaje muy bajo, se observa el material envejecido y se perciben frágiles, por lo que se siguió el protocolo del Departamento de Fondos Documentales Alfonso Caso del IIA, la recomendación es utilizar guantes para manipular el material. Así también, se analizaron diversas posibilidades para buscar la posición vertical de los mapas; esta alineación resultaría conveniente para lograr que la posición de la cámara estuviera paralela sin pretenderlo en forma rigurosa, derivando en la elaboración de una estructura tubular unida por dos tripies laterales, como se puede ver en la parte superior de la Figura 3 (lado izquierdo). En ella, está montada una placa de estireno de 1.22 x 2.44 m en color blanco con unos ojillos en los cuatro extremos, los cuales funcionan como puntos de fijación de ser necesario, pero el peso de la placa fue suficiente para lograr estabilidad.

#### Figura 3

*Espacio de trabajo, Departamento de Fondos Documentales Alfonso Caso, IIA – UNAM*



*Nota.* Se observa del lado izquierdo la cámara digital, el plano vertical y el lente fotográfico en una posición paralela. A la derecha se observa el mapa fijado con imanes en la parte frontal y posterior. Los dobleces que se observan se deben a la deformación mecánica del material.

Para fijar el material, se emplearon imanes de neodimio en la parte posterior de la placa y al frente imanes de ferrita como en la Figura 3 (imagen derecha). En las pruebas, se determinó que la fuerza magnética de cuatro puntos con imanes era suficiente para fijarlos, aun los de gran formato, esta técnica ayudó a maniobrar en forma mínima los documentos. Adicionalmente, se realizaron pruebas de la distancia adecuada de la cámara fotográfica en relación con el plano vertical donde se ubican los mapas, el requerimiento era lograr una distancia constante, para ello, las marcas horizontales que se observan en el piso se usaron como guía. Cabe destacar que no hay contacto con el material mientras se realiza el registro.

Como se observa en la imagen de la Figura 3 (derecha), los mapas tienen marcas de dobleces generados por el tiempo, el estado de los mapas también es información importante para el registro.

### Registro fotográfico

El desarrollo tecnológico de las cámaras fotográficas en la actualidad permite digitalizar prácticamente toda la tipología documental de una biblioteca, archivo, hemeroteca o pinacoteca (Robledano, et al., 2021) y tiene la ventaja de múltiples opciones de configuración, así como una gran adaptabilidad a diversas condiciones como la iluminación, la distancia al objeto y el área de captura. La combinación de estos factores tuvo un papel muy importante para lograr un registro detallado de la obra Bosch-Gimpera.

Se llevó a cabo una serie de pruebas con tres cámaras fotográficas DSLR, Canon EOS Rebel T6 1300D, Nikon D5600 y Nikon D810. La evaluación consistió en realizar tomas fotográficas de una retícula impresa en papel bond (véase parte superior de Figura 4), empleando cada una de las cámaras de las cuales se muestran las características más destacadas en la Tabla 1. La retícula impresa en blanco y negro tiene áreas bicolors de un centímetro cuadrado y la prueba inicial consistió en determinar el acercamiento mínimo con la equivalencia de un lente de 50 mm, a partir de lo cual, se evaluó la resolución y la calidad de enfoque en el área registrada.

**Tabla 1**

*Comparación de modelos*

Cámara	Dimensión pixeles	Sensor	Puntos de enfoque	Tipo de archivo	Lente
Canon EOS Rebel T6 1300D	5184 x 3456 px	CMOS	9 AF	RAW / JPG	50 mm
Nikon D5600	6000 x 4000 px	CMOS	39 AF	RAW / JPG	24-70 mm
Nikon D810	7360 x 4912 px	CMOS	51 AF	RAW / TIFF	28-300 mm

*Nota.* Los equipos fotográficos se muestran, de arriba hacia abajo, del más antiguo al más actual (Manual de usuario Nikon D810, s.f.).

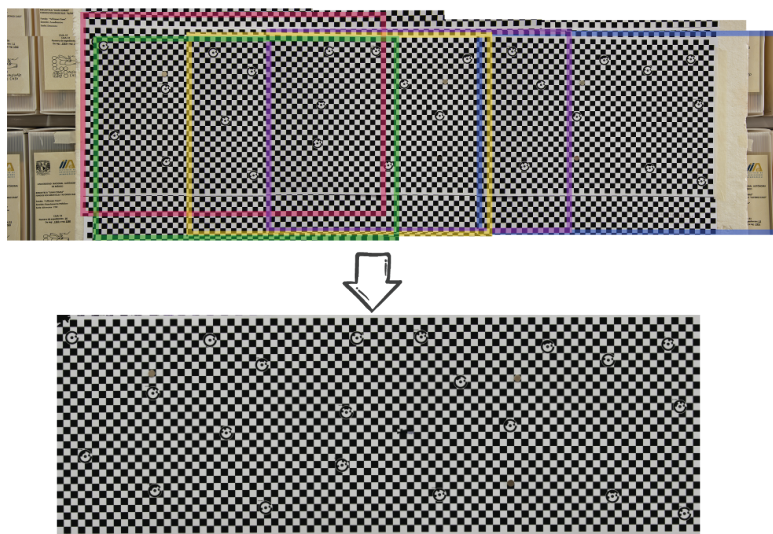
El equipo Nikon D810 presentó los mejores resultados, porque ofrece un mayor número de pixeles en la imagen que captura. Esta característica implica conseguir mayor detalle, las imágenes RAW tienen una dimensión de 7360 x 4912 pixeles. Para obtener imágenes fotográficas con calidad de encuadre homogénea, se activó la función de 51 puntos de enfoque en modo auto foco, el control de iluminación se obtuvo en modo de trabajo manual, configurando una apertura de diafragma en 11, velocidad de disparo de 1/60, sensibilidad ISO de 100, el balance de blancos en modo automático. El formato de

imagen de captura se definió RAW + Fine y la importancia de trabajar con el archivo RAW se debió a que contiene toda la información que capta el sensor una vez que ha sido convertido de análogo a digital. El lente empleado fue AF-S NIKKOR 28-300mm y la distancia focal se mantuvo en las tomas a 50 mm.

La función de temporizador en 10 segundos se activó para asegurar la estabilidad en la imagen debido a que no se emplearon luces externas, así también se realizaron las tomas a una distancia del objetivo de 65 cm en promedio y se verificó el enfoque en cada una de las capturas.

#### Figura 4

*Retícula impresa en gran formato*



*Nota.* La retícula se registró con tres cámaras fotográficas para evaluar enfoque, resolución, y distorsión geométrica. En la retícula que tiene los recuadros de colores se muestra la superposición de las imágenes. Los recuadros en color tenue indican el área que cubre el lente de la cámara, la superposición de las geometrías indica que la distancia entre las tomas es corta. En la parte inferior se muestra el resultado del cálculo fotogramétrico.

El tema de la iluminación es un componente crítico en el momento de realizar las tomas fotográficas, los sistemas de luminarias deben tener una posición muy cuidada para evitar sombras marcadas y es recomendable mantener una intensidad controlada (*Manual de preservación, conservación y tratamiento de los documentos del archivo de concentración.*, 2012), así como garantizar una luz homogénea en toda la superficie que se retrata. Sin embargo, lo más importante a considerar es que todas las fuentes luminosas artificiales emiten radiación visible e invisible, las cuales tienen efectos destructivos en el papel, particularmente las radiaciones infrarrojas IR y ultravioletas UV (Lone, et al., 2021). Una buena práctica es realizar pruebas con la luz natural del espacio, en el caso de valorar que la calidad lumínica es suficiente (De Prado, 2014), se puede considerar como la opción ideal. Bajo estas condiciones se realizó el registro del acervo en el área en donde se encuentra resguardado, dentro del horario matutino.



**Tabla 2**

*Radiaciones de las fuentes de iluminación*

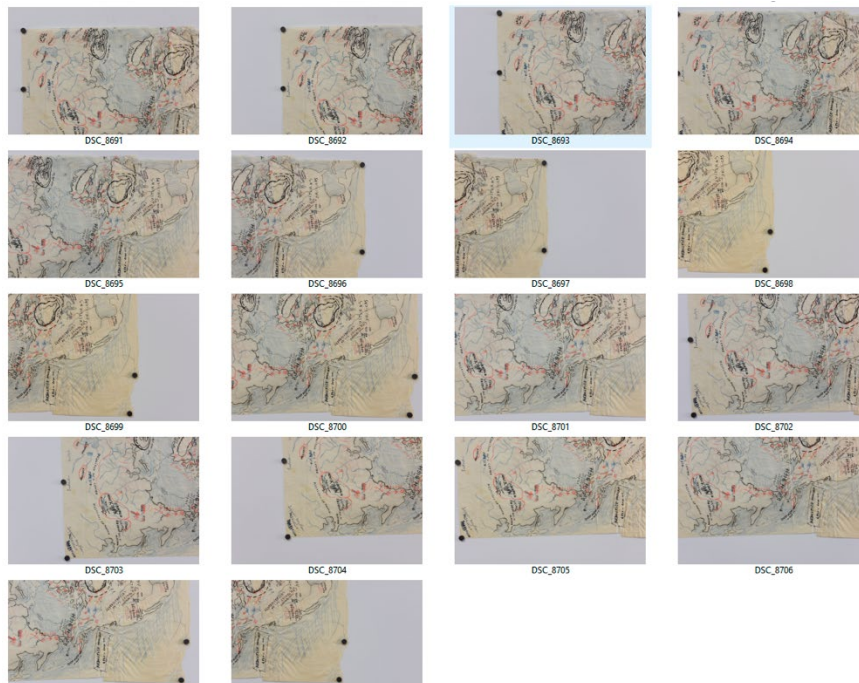
Distribución de la energía emitida en la radiación de las fuentes luminosas			
Tipo de fuente	% de radiación visible	% de radiación UV	% de radiación IR
Incandescente	5.75	0.25	75
Fluorescente	28	0.5	--
Mercurio halogenado	24	1.5	24.5

*Nota.* La información se atribuye al Comité Español de Iluminación 1996.

En todo caso, las lámparas que podrían ser tecnológicamente adecuadas son las de tipo LED, de las cuales se reconoce que no emiten radiación UV (Comisión Europea, s.f.) a diferencia de otro tipo de fuentes luminosas como se muestra en la Tabla 2, (O'donell, et al., 2002), en donde se observa que una fuente luminosa en el momento de encenderse distribuye un porcentaje de energía en radiaciones de tipo UV e IR.

**Figura 5**

*Asia. Mesolítico Americano 4500 – 2000*



*Nota.* 18 imágenes del mapa 530, dimensión real 39 x 22 cm.

En la Figura 5, se observa uno de los 34 mapas registrados en secciones. Al recorrer la vista, iniciando por la imagen de la esquina superior izquierda, se puede ver que cada imagen comparte información con las colindantes, adicionalmente, se advierte por la toma y la posición de la cámara que el objetivo tiene una

ubicación paralela al mapa. El procedimiento se replicó para los 34 mapas de la colección y dependiendo de las dimensiones del documento se realizaban de dos a tres registros por sesión invirtiendo cuatro horas en promedio.

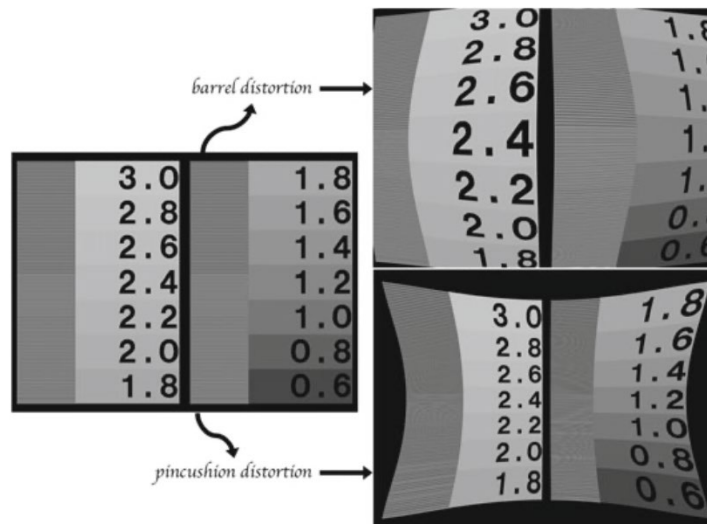
### Proceso fotogramétrico

La imagen que captura una cámara fotográfica tiene una distorsión geométrica y depende del sistema de lentes empleados. Un lente de acercamiento (zoom) presenta una imagen con distorsión tipo *barrel*, mientras un lente telefoto muestra el tipo *pincushion*, como se observa en la Figura 6 (Pavlidis, 2022) (*Distortion Image Quality Factors*, 2024).

El caso descrito requiere de procedimientos adicionales para corregir la distorsión geométrica de tipo *barrel* y *pincushion*, como podemos ver en la Figura 6, las deformaciones pueden ser mínimas, sin embargo, no se puede optar por distorsionar la imagen, sino por realizar el procedimiento correcto para corregir la deformación óptica, por lo que se recurre a la técnica de fotogrametría.

### Figura 6

*Distorsión geométrica en imagen capturada con cámara fotográfica*



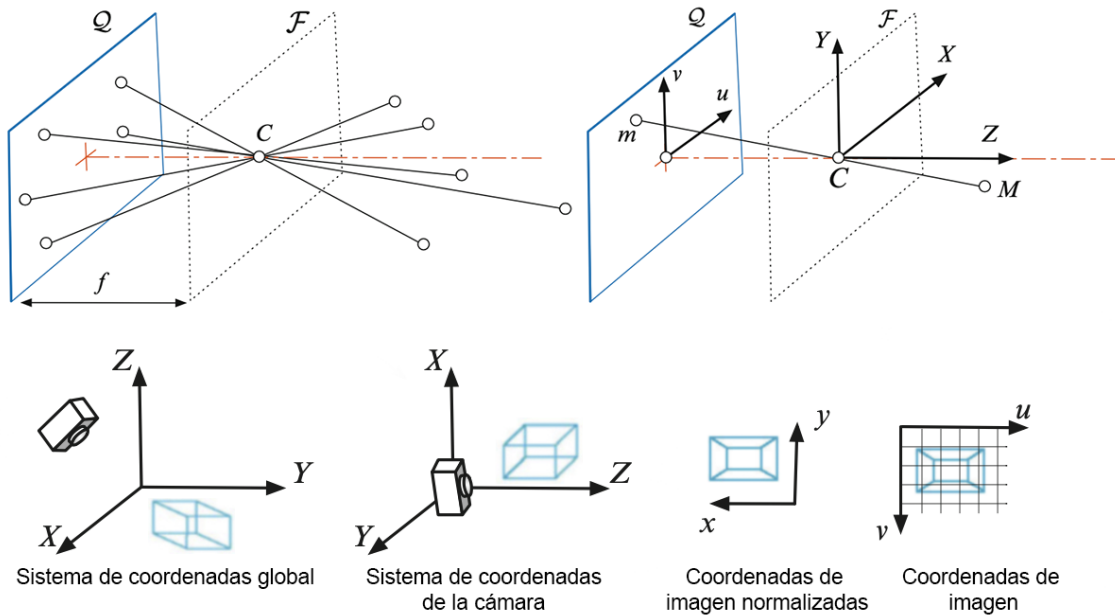
*Nota.* Lado derecho, distorsión de barril (*barrel*) o de cojín (*pincushion*) (Pavlidis, G., 2022, p. 211).

Para explicar el proceso fotogramétrico, se analiza el modelo geométrico de Fussiello A., el cual relaciona la posición de un punto en la escena y la posición del punto correspondiente en la imagen (Fussiello, 2024).

En la Figura 7 (sup. - izq.), se identifica el plano Q como el plano de la imagen que capta la cámara,  $f$  es la distancia focal, en donde se encuentra el centro de proyección C donde confluyen las rectas de luz que proporcionan datos de la escena proyectada en Q, el plano imaginario F se describe con una posición paralela a Q. Se debe conceptualizar que los puntos del espacio (lado derecho del plano F) que se proyectan en la fotografía tienen una relación con respecto a la posición XYZ global, en referencia con el eje principal (línea roja del plano C al Q).

**Figura 7**

*Síntesis gráfica de las etapas en el proceso fotogramétrico*



*Nota.* El modelo de la cámara estenopeica explica la construcción de la imagen en el proceso de fotogrametría, (Fusiello, A., 2024 p.16, 17, 25).

En el lado derecho de la Figura 7, se introduce un sistema de coordenadas cartesianas del objeto para describir la proyección de perspectiva desde la cámara y su relación con los de la imagen (plano Q), el eje Z se encuentra alineado con el eje principal. El sistema de coordenadas de la imagen fotográfica se describe como  $(u,v)$ , debido a que es una imagen 2D. El punto M es uno de varios puntos en el espacio de la escena y recorre una trayectoria en línea recta pasando por el punto C hasta proyectarse en Q en la posición  $u,v$ . El ambiente que se retrata presenta puntos de  $M^n$ , hasta  $m^n$ , los cuales describen la trayectoria de luz en el espacio hasta la proyección. El procedimiento de conversión de puntos 2D a 3D se basa en un algoritmo matemático desarrollado en el software.

En una recreación del ambiente tridimensional de la aplicación de fotogrametría, se pueden identificar diferentes sistemas de coordenadas, como se muestra en la Figura 7 (sección inferior). Hay que destacar que el sistema que corresponde a la cámara nos permite manipular su posición en forma precisa para obtener una vista paralela a la imagen retratada y, entonces, obtener la imagen ortogonal (coordenadas de imagen). Lo anterior, explica el procedimiento que se realiza en los mapas del proyecto. Las empresas que desarrollan los programas diseñan las herramientas de acuerdo con las necesidades planeadas, por lo que es posible que la referencia de las coordenadas sea diferente en cada una de ellas y las herramientas funcionen de manera distinta.

Los procedimientos descritos se aplicaron en el desarrollo de los 34 mapas de la colección a través del software *Reality Capture* 1.4. Algunas de las características por las cuales se eligió fueron que permite el desarrollo de proyectos de corto alcance, es compatible con el equipo fotográfico disponible y la empresa (EPIC), que lo comercializa, tiene un programa educativo que permite usar la licencia en forma

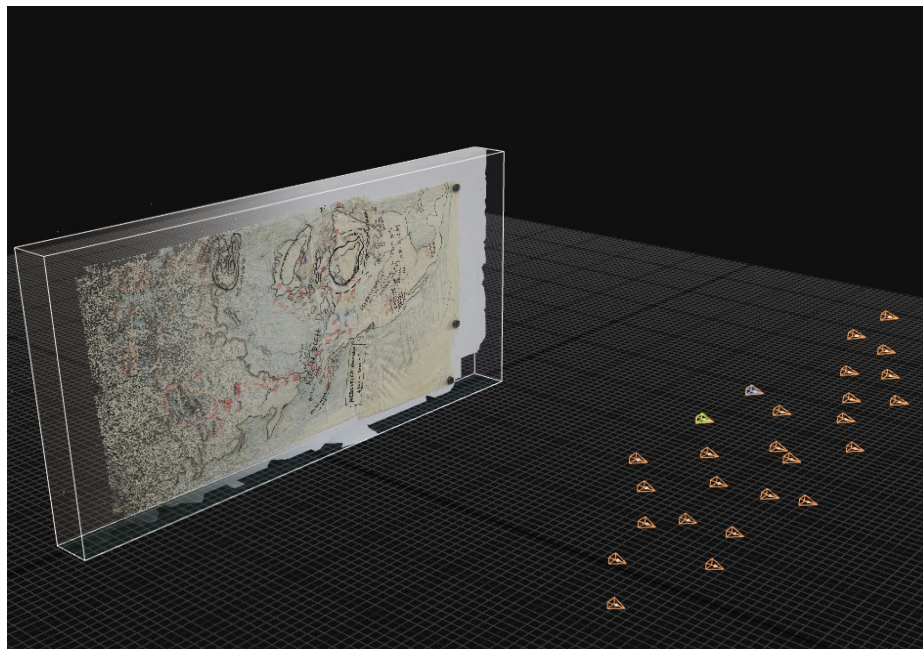
gratuita. Es importante destacar que los cálculos de orientación, geometría, textura e imagen ortogonal fueron de buena calidad y muy eficientes, adicionalmente, a partir de los metadatos de las imágenes RAW de la cámara, el programa calcula la distancia óptica del lente, la cual fue de 48 mm mientras, que el lente se mantuvo graduado a 50 mm; esta pequeña variación nos permitió determinar que es una buena herramienta.

El registro fotográfico es la materia prima para realizar el procesamiento fotogramétrico, por lo que es fundamental validar, antes de realizar el cálculo, la calidad de enfoque u otros defectos ópticos. Esta comprobación asegura, en gran medida, un buen resultado. Otro aspecto a considerar es que los mapas se registraron por secciones para definir el nivel de resolución final de la imagen, como se muestra en la Figura 5.

Al recorrer la vista de izquierda a derecha, se observa un movimiento de la cámara en forma lineal y se detecta, entre una toma y la siguiente, información que se sobrepone, lo cual es útil para lograr un ensamble sin errores y el resultado de la corrección geométrica en la imagen es precisa. Para comprobar la precisión de la corrección geométrica (véase figura 4) al procesar el registro fotográfico de la retícula y calcular la ortoproyección, se observó que la proporción de los cuadros es uniforme en todas las áreas de la imagen calculada.

### Figura 8

*Espacio de trabajo de Capture Reality*



*Nota.* Al fondo, del lado izquierdo se observa un conjunto de puntos dispersos que indica el procedimiento inicial del cálculo y en el extremo derecho del mismo plano, se observa la construcción del mapa sobre una geometría. A la derecha las tomas fotográficas realizadas.

La Figura 8 muestra el ambiente de trabajo de Reality Capture y se observa que la posición del mapa con respecto a las múltiples tomas fotográficas tienen una orientación adecuada, es decir, la superficie y las cámaras mantienen una posición paralela y se resuelve la posición XYZ para cada una de las 26 posiciones en las que se ubicó la cámara. Éstas corresponden con el número de tomas realizadas para ese ejemplar; del lado izquierdo se muestra el cálculo del ensamble de las fotografías y se ubica al interior de una geometría mediante la cual se define el plano de ortoproyección.

## 4. RESULTADOS

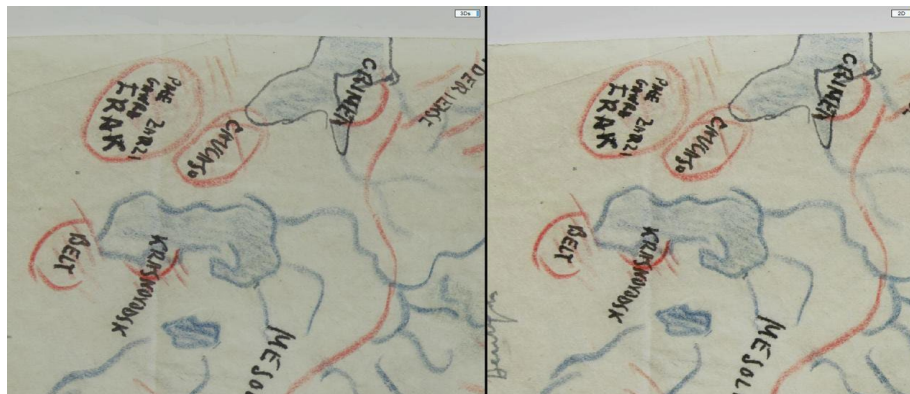
El producto material del trabajo interdisciplinario son 34 mapas inéditos, de naturaleza digital y en alta resolución, que forman parte de la amplia colección personal del arqueólogo y prehistoriador Pedro Bosch-Gimpera. El material es propiedad de Fondos Documentales del IIA y podrá ser consultado por la comunidad universitaria y público interesado en el siguiente enlace <http://cartografiabosch.unam.mx/>

Sobre la resolución de las imágenes digitales, se consideró que el material se consultaría en dispositivos como tableta, pantalla, computadora, etc., por lo que se consideró trabajar en la unidad, pixel por pulgada (PPI). Los equipos *Ultra High Definition* UHD 8K tienen tecnología de alta resolución, es decir, en toda el área de la pantalla muestra 7680 x 4320 px, el dato fue un parámetro para tenerlo de referencia al definir las condiciones de resolución, sin embargo, se superó utilizando la técnica de fotogrametría. Las pantallas 8K tienen una especificación de 117 PPI y los archivos de los mapas de gran formato en promedio tienen 802 PPI.

En la Figura 9, se observa a la derecha un segmento del registro de uno de los mapas y del lado izquierdo la imagen equivalente calculada, se destaca que el nivel de detalle puede describir con toda claridad las anotaciones con plumilla y los trazos con lápices de colores, no se observan diferencias que degraden la calidad del original, adicionalmente, las uniones de las secciones de los mapas no presentan defectos y esto se debe al procesamiento ortogonal de las imágenes.

### Figura 9

*Segmento de mapa para evaluar la resolución*



*Nota.* El nivel de detalle que se obtiene en el registro es fundamental para que el resultado en el momento de realizar el cálculo fotogramétrico sea óptimo. A la izquierda, el resultado calculado y, a la derecha, la fotografía de un segmento del mapa antes de procesarlo.

Trabajar inicialmente con imágenes de alta resolución tiene múltiples ventajas, entre las cuales se encuentra que, al modificar a una resolución menor, los detalles tienen más oportunidad de conservarse, aunque siempre habrá pérdida. La información en alta resolución se conserva como archivos máster y se realizaron copias a una resolución 8K, las cuales son las ideales para distribuir y consultar en forma digital, pero puede ocurrir que, si la información se observa en un dispositivo de menor resolución, el archivo se ajuste a las condiciones.

## 5. CONCLUSIONES

El resultado del proyecto cumplió todas sus expectativas técnicas y se logró el objetivo propuesto, se obtuvieron mapas en formato digital de alta resolución sin dañar o maltratar el original en el momento de realizar el registro. Las pruebas realizadas inicialmente con los equipos disponibles para evaluar las capacidades técnicas y la definición de resolución tuvieron el acierto de equilibrar múltiples factores relacionados con el cuidado del material y la adaptabilidad para realizar el registro *in situ*. En este contexto, la metodología planteada en el presente reporte podría ser considerada como una opción para atender trabajos relacionados con la materia, actualizando algunas consideraciones sobre las herramientas empleadas o el mejoramiento de algunos procesos.

Es concluyente que la fotogrametría contribuye a la preservación digital de acervos u obras muy sensibles, así también se reconoce que la consulta de reproducciones digitales a través de los medios frecuentemente representa el primer encuentro con una obra (Reymond, et al., 2020), favoreciendo a un número mayor de personas para realizar consultas sin restricciones y, lo más importante, es que se evita cualquier riesgo al material.

Si bien, como en todo proyecto se presentaron algunos inconvenientes, estos fueron superados por la experiencia del equipo que se conformó para realizar las actividades designadas. No obstante, es recomendable actualizar el equipamiento de registro como la cámara fotográfica para favorecer las condiciones de resolución u otros avances en su tecnología. Por otra parte, el desarrollo de estrategias para automatizar el registro resultaría ideal, como el uso de rieles con desplazamiento dirigidos en forma remota, así también es conveniente capacitar a un equipo de apoyo para aumentar la producción.

En relación con el software fotogramétrico, es conveniente hacer revisiones continuas y analizar las diferentes tecnologías para evitar una dependencia a una herramienta específica.

## AGRADECIMIENTOS

Especialmente nuestro agradecimiento al Instituto de Investigaciones Antropológicas por la invitación a participar en el proyecto de la digitalización de su acervo.

## REFERENCIAS

- Aber, J. S., et.al. (2010). *Small-format aerial photography: Principles, techniques and geoscience applications* (Elsevier. Ed.; 2010th ed., pp. 21–32) Elsevier Science.
- Arillo, J. R. (2021). Quality control of digital representations of manuscript texts: proposal of a standards-based method. *Open Information Science*, 5(1), 27–44. <https://doi.org/10.1515/opis-2021-0003>

- Autodesk.com. (s.f.). *Software de fotogrametría*. Recuperado en agosto 25, 2024, de <https://www.autodesk.com/mx/solutions/photogrammetry-software>
- Consejo de Cooperación Bibliotecaria, Grupo de Trabajo Estratégico para la Estrategia Nacional de Digitalización. (2021). *Estrategia Nacional de Digitalización 2022-2026*. Consejo de Cooperación Bibliotecaria. Recuperado en Octubre 1, 2024, de <https://www.ccbiblio.es/wp-content/uploads/Estrategia-Nacional-de-Digitalizacion-1.pdf>
- Comisión Europea. (s.f.). *Efectos de la luz artificial sobre la salud*. Europa.eu. Recuperado en agosto 20, 2024, de [https://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/opinions\\_layman/artificial-light/es/index.htm](https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/artificial-light/es/index.htm)
- De Prado, A. A. (2014). *Cómo digitalizar nuestras fotos y documentos antiguos*. Manual de Genealogía | La genealogía hispana actual post a post; Blog de Genealogía Hispana. Recuperado de <https://www.genealogiahispana.com/tecnologia-y-software/como-digitalizar-nuestras-fotos-y-documentos-antiguos/>
- Distortion Image Quality Factors*. (2024). Image-engineering. Recuperado en octubre 8, 2024, de <https://www.image-engineering.de/library/image-quality/factors/1062-distortion>
- Fusiello, A. (2024). The pinhole camera model. In *Computer Vision: Three-dimensional Reconstruction Techniques* (pp. 15–33). Springer International Publishing.
- Global - Mediterránea&Geomática. (2018). *Fotogrametría, evolución y uso*. Recuperado de <https://www.globalmediterranea.es/fotogrametria-evolucion-uso/>
- Library of Congress, (s.f.). Loc.gov. Recuperado en agosto 2, 2024, de <https://www.loc.gov/preservation/resources/rfs/stilling.html#photodigital>
- Lone, M. I., et. al. (2021). Preservation of rare documentary sources in private libraries and religious institutions. *Global Knowledge Memory and Communication*, 70(8/9), 876–890. <https://doi.org/10.1108/gkmc-09-2020-0141>
- Manual de preservación, conservación y tratamiento de los documentos del archivo de concentración. (Español - 13 páginas). 2012, October 25. *Transparenciamorelos.mx*. Recuperado en agosto 14, 2024, de <http://www.transparenciamorelos.mx/sites/default/files/Manual>
- Manual de usuario Nikon D810. (Español - 530 páginas)*. (n.d.). Manuales.mx. Recuperado en agosto 9, 2024, de <https://www.manuales.mx/nikon/d810/manual>
- Mondal, D., & Das, S. (2023). Assessing Burdwan University Library Resources and Services by Postgraduate Students: A Study. *Asian Journal of Information Science and Technology*, 13(1), 8–15. <https://doi.org/10.51983/ajist-2023.13.1.3396>
- Multitec S.A. (2019). Multitec S.A. – Digitalización de Archivos Históricos [Video]. YouTube. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=6xJAeJX6a1l>
- O'donell, B., Sandoval, J., & Paukste, F. (2002). Capítulo 4 Fuentes Luminosas. In <https://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap04.pdf>. Universidad tecnológica Nacional y ELI (Efficient Lighting Initiative). Recuperado de <https://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap04.pdf>

Pavlidis, G. (2022). A photography primer. In *Foundations of Photography* (pp. 163–184). Springer International Publishing.

*Preservation of historical records.* (1986). National Academies Press. Recuperado de <https://www.proquest.com/docview/2130931085/bookReader?accountid=14598&ppg=17&sourcetype=Books>

Reymond, C., et.al. (2020). Aesthetic evaluation of digitally reproduced art images. *Frontiers in Psychology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.615575>

Robledano A., J., et. al. (2021, septiembre 27). *Recomendaciones para proyectos de digitalización de patrimonio bibliográfico y fotografía histórica*. Consejo de Cooperación Bibliotecaria; CCB. Recuperado de [https://www.ccbiblio.es/wp-content/uploads/RecomendacionesDigitalización-versión\\_prepublicación\\_27092021.pdf](https://www.ccbiblio.es/wp-content/uploads/RecomendacionesDigitalización-versión_prepublicación_27092021.pdf)

Tomé. C. (2017). El papel viejo es amarillo. Cuaderno de Cultura Científica. Recuperado de <https://cultura-cientifica.com/2017/02/09/papel-viejo-amarillo/>

Zoë (Abbie) Teel. (2024). Artificial Intelligence's Role in Digitally Preserving Historic Archives. *Preservation, Digital Technology & Culture*, 53(1), 29–33. <https://doi.org/10.1515/pdct-2023-0050>