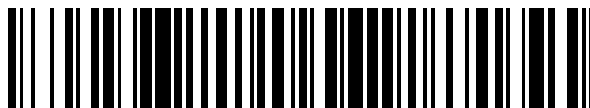


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 918 498**

21 Número de solicitud: 202130021

51 Int. Cl.:

G06T 15/00 (2011.01)
G03B 5/00 (2011.01)
G03B 35/00 (2011.01)
G03B 17/00 (2011.01)
F16M 11/22 (2006.01)
G01M 11/04 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

15.01.2021

43 Fecha de publicación de la solicitud:

18.07.2022

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA (75.0%)
Patio de Escuelas, 1
37008 Salamanca (Salamanca) ES y
UNIVERSIDAD DE LEÓN (25.0%)

72 Inventor/es:

RODRÍGUEZ MARTÍN, Manuel;
SÁNCHEZ MARTÍN, Javier Ramón;
SÁNCHEZ PATROCINIO, Alberto y
RODRÍGUEZ GONZÁLVEZ, Pablo

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

54 Título: **MÉTODO PARA RECONSTRUCCIÓN FOTOGRAMÉTRICA**

57 Resumen:

Método para reconstrucción macrofotogramétrica que comprende las etapas de: configurar (101) opciones de captura, seleccionando profundidad de campo, apertura y tiempo de exposición; proveer (102) una plataforma referenciada, con un patrón pseudoaleatorio (8), huecos esféricos (7, 9); calibrar (103) la captura de la cámara (4) mediante el patrón pseudoaleatorio (8) y las hendiduras que actúan como dianas; obtener (104) la posición exacta de los centros de los huecos esféricos (7, 9) mediante una máquina de medición de coordenadas; codificar (105) la posición de los centros de los huecos esféricos (7, 9) en un código QR (10); colocar (106) un objeto (6) a fotografiar sobre la plataforma referenciada; capturar (107) imágenes mediante la cámara (4) sobre un soporte (5) desplazable alrededor del objeto (6) 360 grados; volcar (108) las imágenes obtenidas a una CPU con software fotogramétrico; realizar (109) una reconstrucción fotogramétrica generando una nube de puntos; y generar (110) un modelo sólido del objeto (6).



Fig. 3

DESCRIPCIÓN

MÉTODO PARA RECONSTRUCCIÓN FOTOGRAMÉTRICA

5

OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un método para reconstrucción fotogramétrica que permite la obtención de imágenes macro con protocolo convergente de un objeto con una elevada precisión.

El objeto de la invención es proveer un método sistemático y secuencial para reconstrucción fotogramétrica que permite la obtención de fotografías macro de un objeto con una elevada precisión, un bajo coste y una elevada adaptabilidad, así como un modelo tridimensional de alta precisión del objeto.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Se han realizado grandes avances en las técnicas y los dispositivos destinados a la reconstrucción fotogramétrica. Eso ha dado lugar a un conjunto de soluciones que se encuentran en el estado de la técnica las cuales presentan soluciones a problemas conocidos. Sin embargo, la mayoría de estas soluciones adolecen de ciertas limitaciones que les impiden generar una reconstrucción fotogramétrica adecuada para aplicaciones de metrología con un bajo coste.

25

Por ejemplo, el documento US7440685B2 describe una plataforma giratoria para fotografía. En esta solución, es la plataforma la que gira. Sin embargo, no tiene aplicación a nivel de reconstrucción 3D por no tener referencias invariantes para el escalado métrico preciso. Tampoco cuenta con una superficie de contraste radiométrico para mejorar los procesos fotogramétricos de alineamiento.

30

El documento US20110069880A1 describe un sistema con cámara integrada para captura de imágenes. Se trata de un sistema constituido por una plataforma y una cámara integrada, con limitaciones similares al anterior.

35

El documento US9618830B1 describe un sistema con una plataforma que comprende un conjunto de accesorios de captura de imágenes desmontables, con limitaciones similares al anterior.

5 DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un método para reconstrucción macrofotogramétrica que permite la obtención de una nube de puntos que represente de forma muy precisa un objeto del que se desea obtener datos.

10

El método de la invención comprende una etapa de configuración de las opciones de captura de imágenes. Esta etapa se lleva a cabo mediante la selección de parámetros de una cámara fotográfica y su lente. Entre otros, se seleccionan parámetros como la profundidad de campo, la apertura y el tiempo de exposición.

15

Una vez seleccionadas las opciones de captura, se provee una plataforma referenciada, que comprende un patrón pseudoaleatorio, una o más hendiduras de control que actúan como dianas y, que mejoran la reconstrucción fotogramétrica al permitir seleccionar puntos de referencia suficientes en la plataforma para llevar a cabo un proceso de generación de una nube densa de puntos 3D (densificado). A continuación, se procede a calibrar la cámara por medio de un patrón de calibración externo o a aplicar un proceso de autocalibrado durante la reconstrucción fotogramétrica.

20

Asimismo, se obtiene la posición exacta de las hendiduras de control. Para ello, se puede determinar por medio de una sonda de una máquina de medición de coordenadas, la cual se coloca en las hendiduras de control, la posición de las mismas con una alta precisión. Preferiblemente, las hendiduras de control son huecos semiesféricos, de modo que la sonda de la máquina de medición de coordenadas obtiene la posición exacta del centro de dichos huecos esféricos.

25

30

Esta etapa se realiza una única vez, con el fin de caracterizar la plataforma con la posición de las hendiduras de control, que, una vez obtenida se puede codificar en un código de respuesta rápida (QR, del inglés Quick Response), colocado en la plataforma referenciada, el cual, al ser escaneado, aporta información acerca de las coordenadas de las hendiduras de control quedando estos datos registrados como parte del sistema,

35

en lugar de tener que volver a obtener la posición exacta de las hendiduras de control en cada reconstrucción.

5 Seguidamente, se coloca un objeto a fotografiar sobre la plataforma referenciada y se realiza una captura de imágenes mediante la cámara. Preferiblemente, la captura de imágenes se lleva a cabo mediante una cámara tipo réflex digital (DSLR; del inglés Digital Single lens reflex). La cámara está montada sobre un soporte configurado para desplazarse alrededor del objeto 360 grados, de modo que se obtienen un conjunto de imágenes radiales equiangulares del objeto.

10

Una vez obtenidas las imágenes, se realiza una reconstrucción fotogramétrica de las mismas mediante la detección de las dianas (hendiduras de control), generando una nube de puntos del objeto. Para ello, se hace uso de técnicas de emparejamiento, escalado y densificado. Previamente, se puede realizar un proceso de autocalibrado de la cámara si no se ha calibrado la misma en etapas anteriores.

15

El procesamiento de imágenes puede llevarse a cabo, preferiblemente en una unidad de procesamiento externa, que comprende el software fotogramétrico. Las imágenes obtenidas, por tanto, se vuelcan a la unidad de procesamiento de datos para llevar a cabo la reconstrucción fotogramétrica, preferiblemente mediante una conexión inalámbrica. Las imágenes se pueden volcar de manera inalámbrica a través de una tarjeta SD wifi, sin necesidad de conexionado físico.

20

Finalmente, se puede generar un modelo sólido con precisión de décima de milímetro o inferior a partir de la nube de puntos del objeto.

25

La etapa de reconstrucción macrofotogramétrica puede hacer uso de cualquier software de reconstrucción fotogramétrica

30

El método de la invención permite obtener modelos tridimensionales de objetos pequeños en un umbral aproximado de entre 1 y 30 cm, adaptando las hendiduras de control de la plataforma referenciada para que estén homogéneamente distribuidos, así como el patrón pseudoaleatorio.

35

El método de la invención es aplicable para obtener modelos de piezas arqueológicas con fines de análisis arqueológico o divulgativo de ámbito museístico o incluso formativo.

Su uso permite la documentación y estudio de pequeñas piezas de gran interés arqueológico, posibilitando su estudio y medición sin necesidad de manipulación, evitando deterioros indeseados.

5 Asimismo, se puede aplicar en piezas industriales que precisen de un estudio
metrológico sobre un modelo escalado de la pieza (toma de parámetros geométricos,
como por ejemplo: distancias, ángulos, centros de circunferencias, excentricidad, focos
de elipses, etc.), en lugar de tomarlas directamente con instrumentos de medida con las
limitaciones en término de dificultad y deterioro que ello tendría. Así, se prevé su uso en
10 industrias de manufactura y en ensayo de elementos mecánicos en los que se necesite
estudiar la geometría de piezas y el análisis de posibles deformaciones, así como en las
aplicaciones de ingeniería inversa.

El método descrito permite la reconstrucción de un modelo denso en 3D mediante el
15 uso de las hendiduras de control que comprende la plataforma, para fines metrológicos
o de precisión.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

20 Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una
mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo
preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de
dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se
ha representado lo siguiente:

25

Figura 1.- muestra una realización preferente de un despiece de la plataforma de la
invención.

30

Figura 2.- muestra una realización preferente de la plataforma de la invención ensamblada.

Figura 3.- muestra una realización preferente del sistema de reconstrucción
fotogramétrica de la invención.

35

Figura 4.- muestra una vista en detalle de una realización preferente de la base de la
plataforma de la invención.

Figura 5.- muestra una vista de una realización preferente de la base de la invención que comprende un código de respuesta rápida (QR, del inglés Quick Response).

Figura 6.- muestra un diagrama de bloques que representa una realización preferente del método para reconstrucción macrofotogramétrico de la invención.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a una plataforma metrológica para reconstrucción fotogramétrica. Las Figuras 1 y 2 muestran una realización preferente de la plataforma de la invención.

La plataforma de la invención mostrada en las Figuras 1 y 2 comprende al menos dos soportes modulares (2, 3) tronco-cónicos, unidos uno al otro para la adaptación en altura del sistema. Sobre ellos, se dispone una base (1) que comprende un patrón pseudoaleatorio (8). En la Figura 1 se muestra la plataforma desmontada, mientras que en la Figura 2 se muestra dicha plataforma ensamblada.

La invención también se refiere a un sistema de reconstrucción fotogramétrica que comprende la plataforma descrita. La Figura 3 muestra un ejemplo de una realización preferente del sistema de la invención. El sistema también comprende una cámara fotográfica (4), destinada a fotografiar un objeto (6) y una cara superior de la base (1) de la plataforma, destinada a soportar el objeto (6).

Además, comprende un sistema de posicionamiento para la cámara (4), un trípode móvil (5), conectado a la cámara y destinado a posicionar la misma, el cual puede ser desplazado manual o automáticamente. En la figura 3, se muestra un trípode móvil comercial.

La base (1) además comprende un conjunto de puntos de control (7, 9). La Figura 4 muestra la distribución de puntos de control (7, 9) en la cara superior (7) y lateral (9) de la base, así como el patrón pseudoaleatorio (8), en un ejemplo de realización preferente. Los puntos de control (7, 9) son semiesferas cuyo plano ecuatorial coincide con los laterales de la base (1), de forma que en las fotografías se reconocen como círculos planos, lo cual permite facilitar su detección y localización automática por medio de mecanismos de reconocimiento de imágenes.

Finalmente, la Figura 5 muestra la base que comprende un código de respuesta rápida (QR, del inglés Quick Response) (10), que almacena información acerca de las coordenadas precisas de los puntos de control (7, 9), obtenidos mediante técnicas de metrología de alta precisión, como puede ser el uso de una máquina de medición de coordenadas mediante palpador. La base (1) se ensambla con el soporte modular (2), mediante un hueco (11).

El sistema también comprende una unidad de reconstrucción fotogramétrica, destinada a generar una imagen macro de un conjunto de imágenes obtenidas por la cámara fotográfica (4).

Así, el sistema de la invención obtiene una imagen del objeto (6), mediante la cámara (4) que gira alrededor de la plataforma para tomar imágenes en las que se incluye tanto el objeto (6) como la plataforma.

La figura 6 muestra una realización preferente del método de la invención para la reconstrucción fotogramétrica. El método comprende las etapas de:

- configurar (101) opciones de captura, seleccionando los parámetros de profundidad de campo, apertura y tiempo de exposición de una cámara (4) fotográfica tipo réflex digital (DSLR; del inglés Digital Single lens reflex) y su lente;
- proveer (102) la plataforma referenciada, que comprende el patrón pseudoaleatorio (8), hendiduras de control que actúan como dianas (7, 9), que en este caso son huecos esféricos;
- calibrar (103) la captura de la cámara (4) por medio de un patrón de calibración externo;
- escanear (105) un código de respuesta rápida (QR, del inglés Quick Response) (10), colocado en la plataforma referenciada, el cual al ser leído aporta información acerca de las coordenadas precisas de los centros de los huecos esféricos (7, 9);
- colocar (106) un objeto (6) a fotografiar sobre la plataforma referenciada;
- capturar (107) imágenes mediante la cámara (4) montada sobre un soporte (5), en este caso, un trípode móvil, configurado para desplazarse alrededor del objeto (6) 360 grados, obteniendo un conjunto de imágenes radiales equiangulares del objeto (6);
- volcar (108), mediante una conexión inalámbrica, las imágenes obtenidas a una unidad de procesamiento de datos (CPU, del inglés central processing unit) que comprende un software fotogramétrico;

- realizar (109) una reconstrucción fotogramétrica de las imágenes obtenidas, mediante técnicas de emparejamiento, escalado y densificado, por medio de la detección de la posición de los centros de los huecos esféricos (7, 9), generando una nube de puntos del objeto (6); y
- 5 - generar (110), mediante un proceso de mallado, un modelo sólido a partir de la nube de puntos del objeto (6).

Alternativamente, en lugar de calibrar (103) la captura de la cámara (4) por medio de un patrón de calibración externo se puede realizar una etapa de autocalibrado previa a la
10 etapa de realizar (109) una reconstrucción fotogramétrica de las imágenes obtenidas.

La posición exacta de los centros de los huecos esféricos (7, 9) se puede determinar (104) por medio de una sonda de una máquina de medición de coordenadas que se coloca sobre dichos huecos esféricos (7, 9). Así, cada plataforma se calibra una vez y
15 la posición de sus huecos esféricos (7, 9) se mantiene almacenada en el código QR para cada vez que se use.

REIVINDICACIONES

1. Un método para reconstrucción macrofotogramétrica que comprende las etapas de:
 - 5 - configurar (101) opciones de captura, mediante la selección de parámetros de una cámara (4) fotográfica y su lente, comprendiendo dichos aparatos al menos profundidad de campo, apertura y tiempo de exposición;
 - proveer (102) una plataforma referenciada, que comprende un patrón pseudoaleatorio (8), y una o más hendiduras de control (7, 9) que actúan
 - 10 como dianas;
 - obtener la posición exacta de las una o más hendiduras de control (7, 9);
 - colocar (106) un objeto (6) a fotografiar sobre la plataforma referenciada;
 - capturar (107) imágenes mediante la cámara (4), montada sobre un soporte
 - 15 móvil (5) configurado para desplazarse alrededor del objeto 360 grados, de modo que se obtienen un conjunto de imágenes radiales equiangulares del objeto (6); y
 - realizar (109) una reconstrucción fotogramétrica de las imágenes obtenidas, haciendo uso de técnicas de emparejamiento, escalado y densificado, por medio de la detección de la posición de las una o más hendiduras de control
 - 20 (7, 9) obtenida, generando así una nube de puntos del objeto (6).
 2. El método para reconstrucción macrofotogramétrica de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende una etapa de calibrar (103) la captura de la cámara (4) por medio de un patrón de calibración externo, previa a obtener
 - 25 (104) la posición exacta de las una o más hendiduras de control (7, 9).
 3. El método para reconstrucción macrofotogramétrica de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende una etapa de autocalibrado de la cámara (4), previa a realizar (109) la reconstrucción fotogramétrica de las
 - 30 imágenes obtenidas.
 4. El método para reconstrucción macrofotogramétrica de acuerdo con la reivindicación 1, donde las hendiduras de control (7, 9) son huecos semiesféricos.

5. El método para reconstrucción macrofotogramétrica de acuerdo con la reivindicación 1, donde la etapa de obtener la posición exacta de las una o más hendiduras de control (7, 9) se lleva a cabo determinando (104) por medio de una sonda de una máquina de medición de coordenadas destinada a colocarse en las hendiduras de control (7, 9).
5
6. El método para reconstrucción macrofotogramétrica de acuerdo con la reivindicación 1, donde la etapa de obtener la posición exacta de las una o más hendiduras de control (7, 9) se lleva a cabo escaneando (105) un código de respuesta rápida (QR) (10), colocado en la plataforma referenciada, el cual al ser leído aporta información acerca de las coordenadas precisas de las una o más hendiduras de control (7, 9), previamente codificadas en dicho código QR (10).
10
7. El método para reconstrucción macrofotogramétrica de acuerdo con la reivindicación 1, donde la etapa de capturar (107) imágenes se lleva a cabo mediante una cámara (4) tipo réflex digital (DSLR; del inglés Digital Single lens reflex).
15
8. El método para reconstrucción macrofotogramétrica de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende una etapa de volcado (108) de las imágenes obtenidas a una unidad de procesamiento de datos que comprende el software fotogramétrico.
20
9. El método para reconstrucción macrofotogramétrica de acuerdo con la reivindicación 4, donde el volcado (108) de las imágenes se lleva a cabo mediante una conexión inalámbrica.
25
10. El método para reconstrucción macrofotogramétrica de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende una etapa de generar (110) un modelo sólido a partir de la nube de puntos del objeto (6), mediante un proceso de mallado.
30

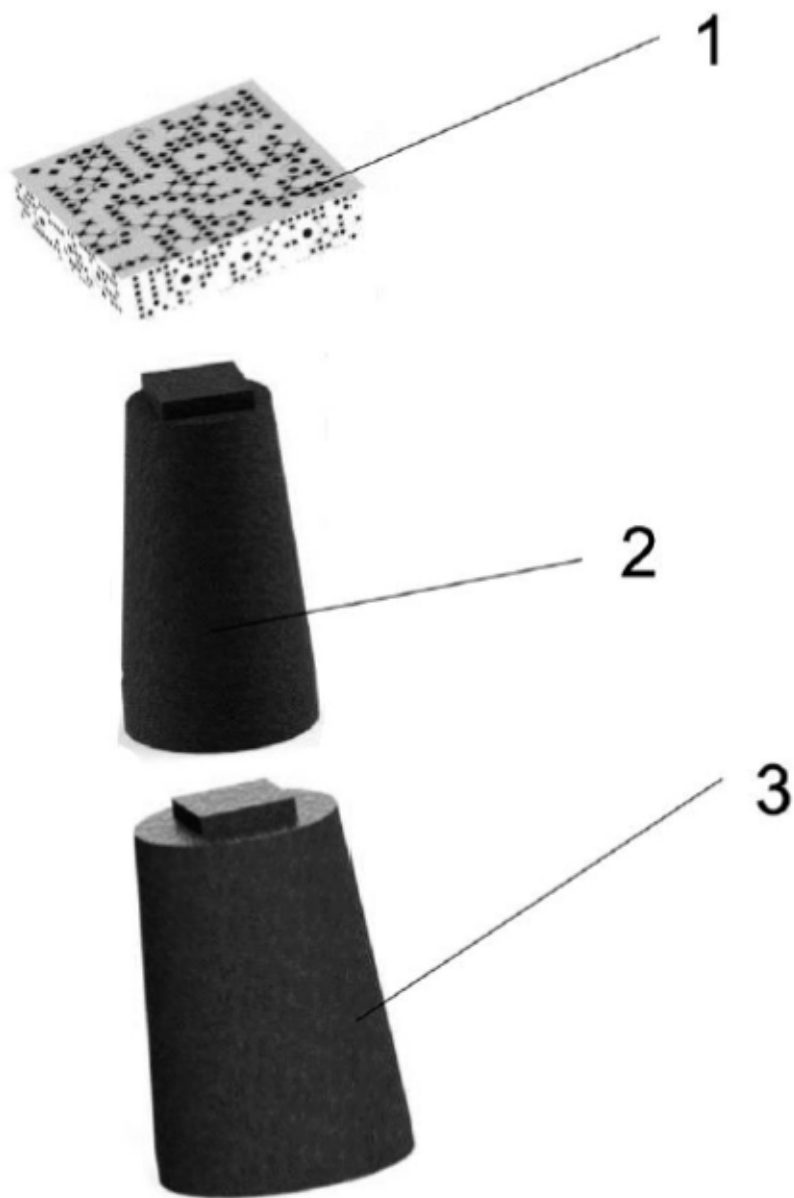


Fig. 1

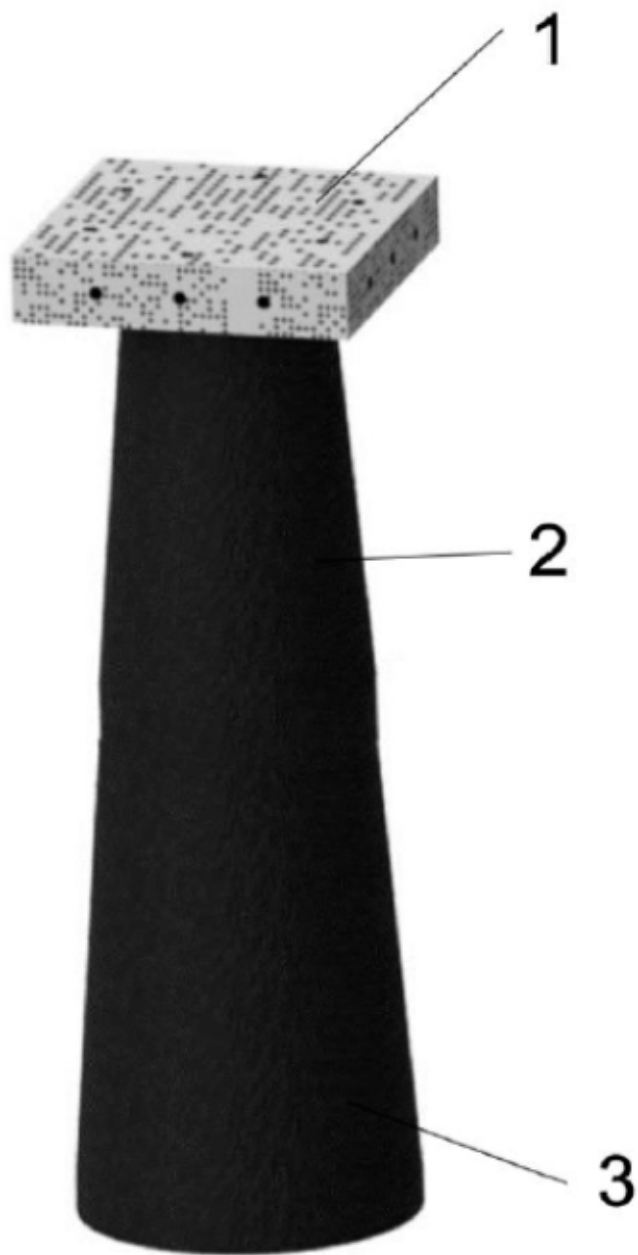


Fig. 2



Fig. 3

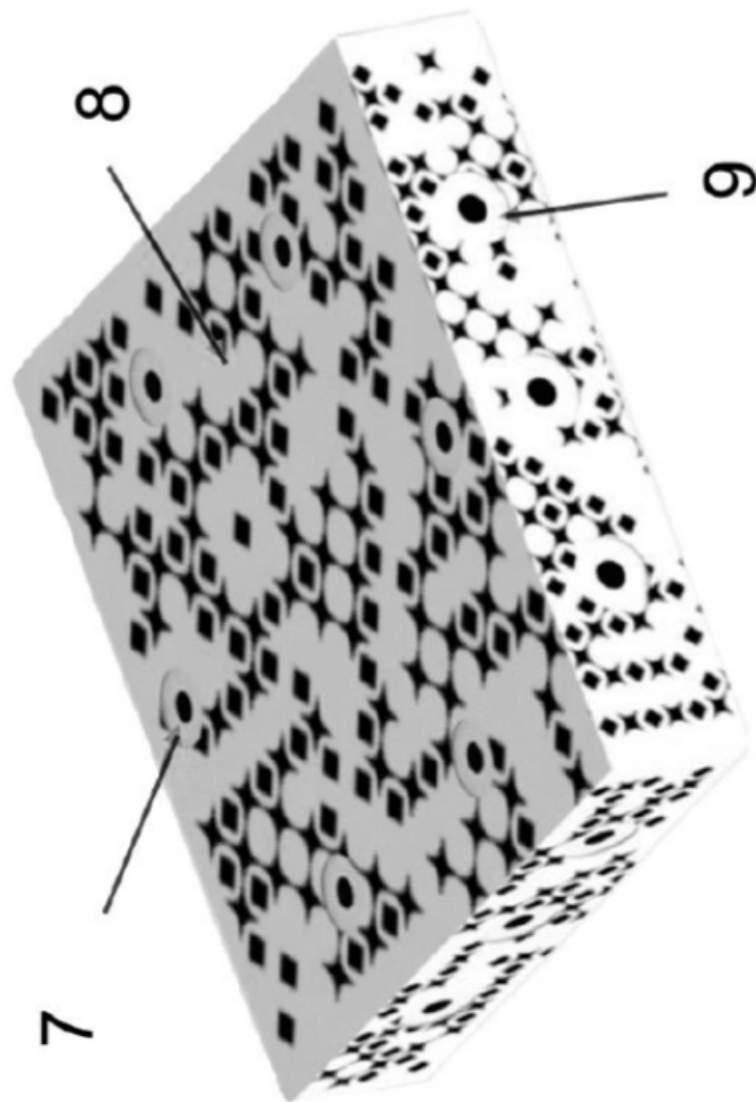


Fig. 4

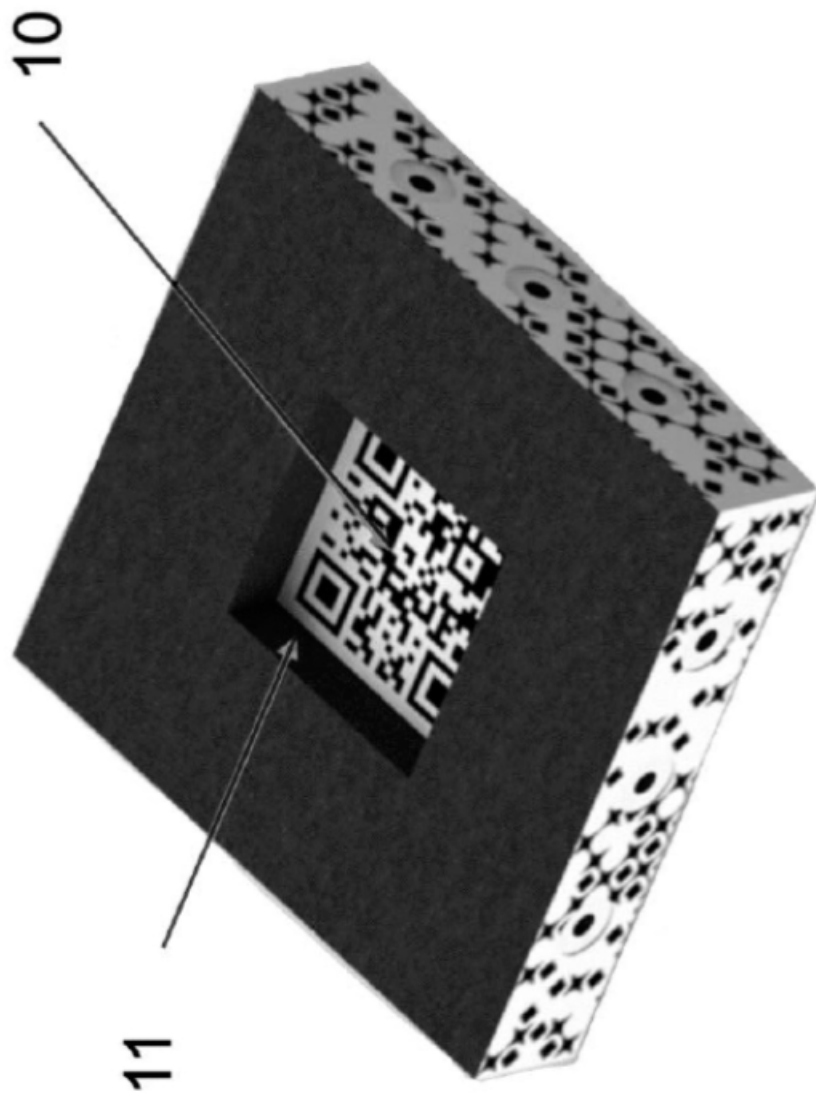


Fig. 5

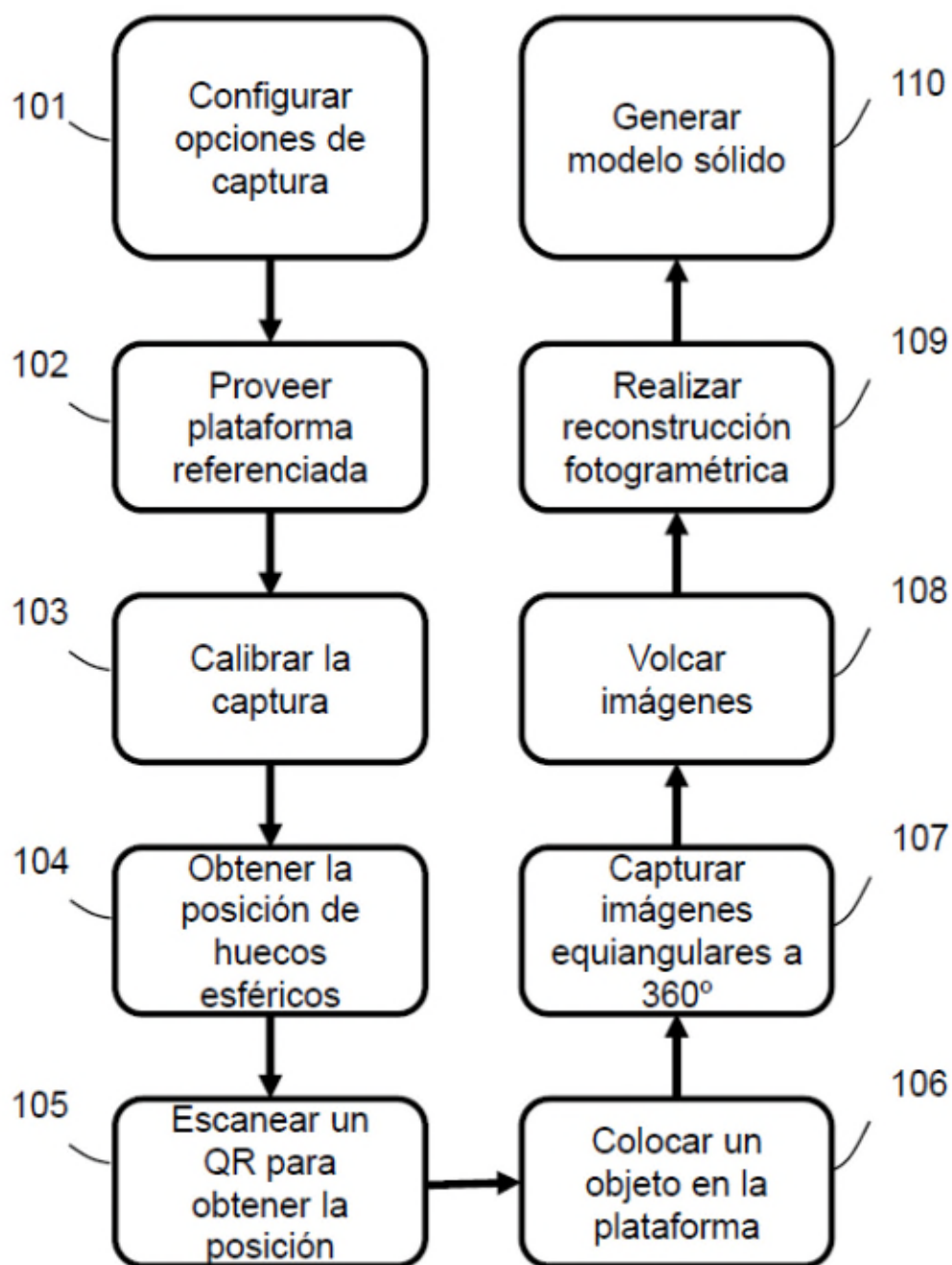


Fig. 6



- ②1 N.º solicitud: 202130021
②2 Fecha de presentación de la solicitud: 15.01.2021
③2 Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤1 Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤6 Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	MANUEL RODRIGUEZ-MARTÍN, PABLO RODRIGUEZ-GONZÁLVEZ. Suitability of Automatic Photogrammetric Reconstruction Configurations for Small Archaeological Remains. Sensors 2020, 20(10), 2936, 22/05/2020 [en línea][recuperado el 02/07/2021]. Recuperado de Internet <URL: https://www.mdpi.com/1424-8220/20/10/2936/htm >, <DOI: 10.3390/s20102936 >. Todo el documento, especialmente figura 3	1-10
A	US 2008097156 A1 (NAKAMURA TETSUYA) 24/04/2008, resumen WPI; resumen EPODOC; figuras; párrafo 68	1-10
A	ES 2579655 A1 (UNIV SALAMANCA et al.) 12/08/2016, resumen WPI; resumen EPODOC; figuras	1-10
A	SUNG JOON AHN ET. AL. Circular Coded Target for Automation of Optical 3D-Measurement and Camera Calibration. · International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence 15(6):905-919, 30/09/2001 [en línea][recuperado el 02/07/2021]. Recuperado de Internet <URL: https://www.researchgate.net/publication/220359809_Circular_Coded_Target_for_Automation_of_Optical_3D-Measurement_and_Camera_Calibration >. todo el documento	1-10

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
07.07.2021

Examinador
A. López Ramiro

Página
1/2

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

G06T15/00 (2011.01)

G03B5/00 (2021.01)

G03B35/00 (2021.01)

G03B17/00 (2021.01)

F16M11/22 (2006.01)

G01M11/04 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G06T, G03B, G01M, F16M

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC