

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 064 878**

21 Número de solicitud: 202430831

51 Int. Cl.:

G01B 11/02 (2006.01)

B64D 47/08 (2006.01)

G06T 7/00 (2007.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

14.10.2024

43 Fecha de publicación de la solicitud:

29.04.2026

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE
COMPOSTELA (80,00%)
Avda. das Ciencias 6, 4D
15782 Santiago de Compostela (A Coruña) ES y
UNIVERSIDAD DE OVIEDO (20,00%)**

72 Inventor/es:

**GIL DOCAMPO, M^a De La Luz;
ORTIZ SANZ, Juan Pedro;
FERNÁNDEZ CABANAS, Manés;
ARZA GARCÍA, Marcos y
NÚÑEZ TEMES, Carlos**

74 Agente/Representante:

ILLESCAS TABOADA, Manuel

54 Título: **SISTEMA Y MÉTODO PARA LA DETECCIÓN Y MEDICIÓN DE GRIETAS EN UNA ESTRUCTURA MEDIANTE TÉCNICAS DE VISIÓN ESTEREOSCÓPICA**

57 Resumen:

Sistema y método para la detección y medición de grietas en una estructura mediante técnicas de visión estereoscópica.

La invención propone un sistema acoplado en un dron (2) para cuantificar la anchura y profundidad de una grieta (1.1) en una estructura (construcción, edificación, obra civil, etc.) que comprende, al menos, anclajes para instalar otros elementos, un armazón (3); un microordenador (5) tipo placa única, una cámara adicional a la incorporada en el dron (2) y dos cámaras (4) instaladas en el fuselaje del dron (2), a derecha e izquierda del lado menor del marco (3.1), pudiendo incluir una fuente de alimentación eléctrica adicional, incluso externa; además se propone un método de inspección que comprende los pasos de: a) obtención de un conjunto representativo de fotografías para obtener los parámetros de las cámaras (4), y b) ajuste dimensional, para poder escalar las imágenes obtenidas de la grieta (1.1) y realizar, así, su monitorización en el tiempo.

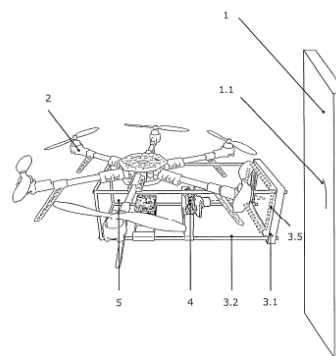


FIG. 1

ES 3 064 878 A1

DESCRIPCIÓN

SISTEMA Y MÉTODO PARA LA DETECCIÓN Y MEDICIÓN DE GRIETAS EN UNA ESTRUCTURA MEDIANTE TÉCNICAS DE VISIÓN ESTEREOSCÓPICA

5

Sector de la técnica

La presente invención está relacionada con la detección de daños y el control de éstos en los ámbitos civil y de la edificación y, más concretamente, con el seguimiento de patologías en edificios o en elementos estructurales de infraestructuras y estructuras, en general (puentes, presas, torres para instalaciones, etc.). En particular, dicha invención se refiere a un sistema, junto a una forma principal de uso de éste y a un método para monitorizar el desarrollo temporal de ciertas anomalías o fallos en estructuras, como el supuesto de grietas, que puedan comprometer la resistencia del elemento estructural en el que aparezcan.

15

Estado de la técnica.

Al finalizar las obras de una estructura, civil o de una edificación, comienza la llamada vida útil de la misma, durante la cual suelen aparecer fisuras o grietas que se intensifican con el transcurso del tiempo. Éstas pueden obedecer, entre otras causas, a falta de calidad de los materiales, a errores de cálculo o de diseño o, incluso, a una mala ejecución del elemento estructural en cuestión (pilares, vigas, paramentos verticales u horizontales, etc.).

La importancia de una vigilancia en la evolución de las grietas estructurales es indiscutible, dado que pueden, incluso, ser una causa de colapso del elemento estructural donde aparezcan. Sin embargo, la monitorización y el seguimiento de la evolución de estas grietas es una tarea compleja y crítica para preservar la integridad de las estructuras a lo largo del tiempo y evitar posibles colapsos estructurales, que pueden llegar, en casos extremos, a ser catastróficos.

30

En general, los métodos de evaluación son costosos y complejos, requiriéndose la participación de técnicos especializados en lugares de difícil acceso, lo que conllevaría un riesgo personal.

Tradicionalmente, el control de las grietas que aparecen en las superficies de elementos estructurales se ha basado, fundamentalmente, en métodos cuya base era el examen visual,

35

en los que se usaban instrumentos convencionales, tales como calibres, reglas de acero, testigos, etc. En general, las medidas con estos elementos podían resultar subjetivas, dependiendo del personal involucrado en la medición, y, además, su uso requiere mano de obra con cierta cualificación, razón por la que, pese a su sencillez, no se pueden considerar
5 fiables para un seguimiento y control exhaustivo de la evolución de las grietas analizadas.

Por otra parte, los transductores de desplazamiento lineal variable (o LVDT), que podrían denominarse “medidores de contacto” proporcionan mediciones más objetivas y fiables. No obstante, presentan el inconveniente de ser caros y difíciles de instalar cuando el lugar no es
10 fácilmente accesible, por ejemplo, por razón de altura.

En la actualidad se conocen diversas técnicas de procesamiento de imágenes y algoritmos para la identificación de grietas y la extracción eficaz de la información de la grieta a partir de imágenes. Así, existen publicaciones donde se revelan técnicas de detección SURF (Speeded
15 Up Robust Features), SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) o la aplicación de diferentes detectores de bordes (Sobel, Canny, Prewitt, etc.) para proporcionar un límite entre una grieta y la superficie de fondo. Entre otras, se pueden citar las siguientes:

“Concrete Crack Identification Using a UAV Incorporating Hybrid Image Processing”
20 (<https://www.mdpi.com/1424-8220/17/9/2052>);

“Inspection, Identification and Repair Monitoring of Cracked Concrete structure –An application of Image processing”
(https://www.researchgate.net/publication/333497217_Inspection_Identification_and_Repair_Monitoring_of_Cracked_Concrete_structure_-_An_application_of_Image_processing), o
25

“Analysis of edge-detection techniques for crack identification in bridges”,
(https://www.researchgate.net/publication/245282260_Analysis_of_Edge-Detection_Techniques_for_Crack_Identification_in_Bridges)
30

Además de lo indicado, se han divulgado diversas posibilidades en relación con el análisis y cuantificación dimensional de una grieta mediante redes neuronales convolucionales (por ej. U-Net), así como una combinación de redes neuronales y Support Vector Machines.

35 Se pueden citar los siguientes artículos científicos:

“Vision and Deep Learning-Based Algorithms to Detect and Quantify Cracks on Concrete Surfaces from UAV Videos”

(https://www.researchgate.net/publication/346730791_Vision_and_Deep_Learning-Based_Algorithms_to_Detect_and_Quantify_Cracks_on_Concrete_Surfaces_from_UAV_Videos), o

5 *“The Feasibility Assessment Study of Bridge Crack Width Recognition in Images Based on Special Inspection UAV”*

(https://www.researchgate.net/publication/346749871_The_Feasibility_Assessment_Study_of_Bridge_Crack_Width_Recognition_in_Images_Based_on_Special_Inspection_UAV)

10

Todas estas soluciones presentan el inconveniente de que, pese a proporcionar un valor aproximado de la anchura de la grieta objeto de estudio, no presentan la precisión necesaria para llevar un control óptimo de la evolución de estas deficiencias estructurales y así evitar daños irreversibles en el elemento estructural analizado.

15

También, es conocido el uso de la visión artificial que arroja una estimación dimensional de la grieta más precisa al trabajar con mayor resolución de imagen, pero son conocidas algunas desventajas como la necesidad de personal altamente cualificado, o la complejidad de programación en determinados escenarios. Se puede mencionar la publicación *“A UAV-based machine vision method for bridge crack recognition and width quantification through hybrid feature learning.”*

20

(https://www.researchgate.net/publication/352462413_A_UAV-based_machine_vision_method_for_bridge_crack_recognition_and_width_quantification_through_hybrid_feature_learning)

25

También, en los últimos años, además de las opciones de análisis mencionadas se han realizado trabajos de investigación en la línea de utilizar métodos basados en la deformación de mallas triangulares obtenidas sobre fotografías de la grieta y la Correlación Digital de Imágenes (DIC) en 2D y 3D para la medida de la deformación en el entorno de la grieta, pudiendo citar, entre otras, la publicación *“Application of Digital Image Correlation in Structural Health Monitoring of Bridge Infrastructures: A Review.”*

30

(https://www.researchgate.net/publication/356988200_Application_of_Digital_Image_Correlation_in_Structural_Health_Monitoring_of_Bridge_Infrastructures_A_Review.)

35

Se debe advertir que la técnica basada en a Correlación Digital de Imágenes está limitada, en gran medida, por la generación del patrón de puntos y puede no ofrecer resultados fiables por diferentes causas, como pueden ser el hecho de que el área a analizar fuera muy pequeña, o a la ausencia de puntos de muestreo en las inmediaciones de la grieta. Ello hace que, para

grietas pequeñas, no sea la técnica más adecuada.

Por otra parte, hay investigaciones en relación con el uso de técnicas fotogramétricas, tanto aerotransportadas, como no aerotransportadas. En estos estudios se necesitaría pintar una cuadrícula regular de objetivos circulares en la superficie de la estructura, o colocar objetivos reflectantes alrededor de ambos lados de una grieta, como medidores. Estas soluciones presentan inconvenientes relacionados con las imperfecciones o discontinuidades de la superficie de la estructura dañada, lo que podría dar detecciones falsas de grietas, con la complejidad, en ocasiones, que supone la colocación de los objetivos en la estructura que se va a evaluar. Además, cuando la superficie donde se encuentra la grieta es irregular o falta de planicidad (por ej., hormigón erosionado) se complica el análisis dimensional. Véanse los siguientes artículos científicos:

15 *“Automatic crack monitoring using photogrammetry and image processing.”*
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263224112002941>)

“Improved digital photogrammetry technique for crack monitoring.”
(<https://iranarze.ir/wp-content/uploads/2016/09/E70.pdf>)

20 *“Automated rotational and scaling invariant image-based crack width monitoring with sub-millimeter accuracy and self-numbering label.”*
(https://www.researchgate.net/publication/339347583_Automated_rotational-_and_scaling-_invariant_image-based_crack_width_monitoring_with_sub-millimeter_accuracy_and_self-numbering_label)

25

Adicionalmente, se ha considerado el uso de un sistema aéreo no tripulado (Unmanned Aerial Systems -UAS-) para solventar ciertas dificultades en el acceso a la zona agrietada. Así, en cuanto a la utilización de un mecanismo pilotado en remoto, como puede ser un dron convencional, para la detección de grietas, la patente estadounidense US2017122909A1, de título “non-destructive system and method for detecting structural defects”, menciona la posibilidad de incluir sensores de detección, sin contacto, no destructivos, en un dron, para realizar una evaluación de defectos en un elemento estructural, sin riesgo para la vida humana. No obstante, si bien en la invención que se pretende proteger se utiliza, también, un dron, este, por sí solo, no constituiría la esencia de la misma.

35

En este sentido, se encuentran, también, publicados diversos estudios como los siguientes:

“Development of Crack Detection System with Unmanned Aerial Vehicles and Digital Image Processing.”

(http://www.i-asem.org/publication_conf/asem15/5.ICSSS15/1w/W3F.2.MS582_2545F1.pdf)

5 *“Concrete Crack Identification Using a UAV Incorporating Hybrid Image Processing.”*

(<https://www.mdpi.com/1424-8220/17/9/2052>)

Long-Term Monitoring of Crack Patterns in Historic Structures Using UAVs and Planar Markers: A Preliminary Study.

10 (<https://www.mdpi.com/2313-433X/4/8/99>)

“Assessment of the feasibility of detecting concrete cracks in images acquired by unmanned aerial vehicles.”

(https://www.researchgate.net/publication/324867497_Assessment

15 [of_the_feasibility_of_detecting_concrete_cracks_in_images_acquired_by_unmanned_aerial_vehicles](https://www.researchgate.net/publication/324867497_Assessment_of_the_feasibility_of_detecting_concrete_cracks_in_images_acquired_by_unmanned_aerial_vehicles))

“Robotic System for Inspection by Contact of Bridge Beams Using UAVs.”

<https://www.mdpi.com/1424-8220/19/2/305>

20 *“UAS-Based Crack Detection Using Stereo Cameras: A Comparative Study.”*

[https://www.researchgate.net/publication/335200709_UAS-](https://www.researchgate.net/publication/335200709_UAS-Based_Crack_Detection_Using_Stereo_Cameras_a_Comparative_Study)

[Based Crack Detection Using Stereo Cameras a Comparative Study](https://www.researchgate.net/publication/335200709_UAS-Based_Crack_Detection_Using_Stereo_Cameras_a_Comparative_Study)

25 *“Image-based crack assessment of bridge piers using unmanned aerial vehicles and three-dimensional scene reconstruction.”*

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/mice.12501>

30 Todos estos estudios dejan ver carencias del sistema implementado, siendo el caso de la imposibilidad de cuantificar la anchura y evolución en el tiempo de la grieta en cuestión, la complejidad del hardware, en ciertos casos, la limitación solo al estudio de ciertas estructuras causado por el requerimiento de otros instrumentos de medición de distancias (estación total) o el hecho de no centrarse en la cuantificación específica de la dimensión de la grieta.

35 A la vista de todas las desventajas que presentan las soluciones existentes en la actualidad, y descritas anteriormente, resulta necesario una dar una solución técnica en la que confluyan los requisitos de ser aplicable a todo tipo de infraestructuras, que elimine los riesgos para las personas y que se suprima la instalación de testigos o sensores en la grieta y, además, que

presente un bajo coste y una facilidad de uso.

Objeto de la invención

5 Con la finalidad de cumplir estos objetivos y solucionar los problemas técnicos comentados hasta el momento, la presente invención propone un sistema de bajo coste y facilidad de uso para la evaluación y seguimiento de control de defectos estructurales, tales como grietas. Dicho sistema permite eliminar el potencial peligro para el operario al hacer posible la monitorización 3D de grietas en infraestructuras a través de la medición remota de la anchura
10 y profundidad de éstas mediante una serie de cámaras y otros elementos, instalados en un UAS y, por tanto, sin necesidad de acceder a ellas. Asimismo, se ha desarrollado un proceso de calibración de las imágenes recogidas por las cámaras utilizando una serie de dianas a tal efecto.

15 Uno de los objetos de la presente invención es proporcionar un sistema para inspeccionar una superficie de una estructura y cuantificar dimensionalmente los defectos estructurales que presente (tales como grietas). Con el fin expuesto, el sistema comprende, al menos, un armazón anclado en un dron (convencional o de diseño propio), una serie de medios para obtener imágenes que enfocan a la grieta cuando tal armazón se fija, en lo posible, a la
20 superficie agrietada y un microordenador convencional, tipo placa única, con una placa secundaria como interfaz, donde el dron se puede mover de forma adyacente a una estructura para detectar o cuantificar dimensionalmente un defecto a lo largo de la misma (grieta).

Preferentemente, dichos medios de obtención de imágenes son al menos 2 cámaras de visión
25 estereoscópica que se calibrarán oportunamente.

Dado a que el armazón se puede colocar en diferentes posiciones con respecto al dron que lo porta, se pueden inspeccionar superficies de estructuras verticales u horizontales, incluso superficies inclinadas, siendo eficaz para todos los materiales utilizados mayoritariamente en
30 edificación, ingeniería civil y en infraestructuras, en general, como son los supuestos de estructuras de hormigón, fábrica de elementos cerámicos, estructuras metálicas, etc. Por ello, una de las características esenciales de la presente invención es su versatilidad, además de su facilidad de uso, ya que no requiere conocimientos o habilidades especiales para el pilotaje del dron.

35

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un método para inspeccionar una estructura, comprendiendo el método los pasos de:

- 5 – Obtención de un conjunto representativo de fotografías para obtener los parámetros de las cámaras, y
- Ajuste dimensional, para poder escalar las imágenes obtenidas de la grieta y realizar, así, su monitorización en el tiempo.

10 Paralelamente a lo indicado, se establece una forma principal de utilización constituida por los siguientes pasos:

1. Fijación del punto de despegue más cercano, en tierra, a la ubicación de la grieta.
- 15 2. Vuelo de elevación hasta la cota de la grieta (1.1) objeto de análisis.
3. Vuelo de traslación para centrar la posición del marco (3.1) a la grieta (1.1) a fin de tener el mejor enfoque de las cámaras (4).
- 20 4. Apoyo del marco (3.1) en el elemento estructural que contiene la grieta (1.1), con el fin de evitar movimientos del dron que perjudiquen la calidad de las fotografías, si las condiciones en que se realice la inspección y de las características de las cámaras (4) utilizadas lo permiten.
- 25 5. Toma de fotografías de la grieta (1.1).
6. Separación del marco (3.1) de la estructura (1) que contiene la grieta (1.1).
7. Descenso de regreso al punto inicial de partida, donde el dron (2) aterrizará.

30

Descripción de las figuras.

Para una mejor comprensión de lo expuesto, se acompañan unos dibujos en los que, esquemáticamente y a título de ejemplo no limitativo, se representan casos preferentes de
35 realización.

La figura 1 muestra una vista esquemática de una posible instalación del sistema en un dron

(2) para inspeccionar superficies en estructuras verticales, cuasi verticales o, incluso, inclinadas.

La figura 2 revela otra posible instalación del sistema en un dron (2) para inspeccionar superficies en estructuras horizontales o cuasi horizontales.

La figura 3 contiene una perspectiva del armazón (3).

La figura 4 es una vista esquemática de la parte exterior del marco (3.1) donde se localiza un elemento lineal de iluminación (3.3) y un revestimiento acolchado (3.4), y donde, además, se sitúa el punto A, intersección de las dos diagonales de la ventana delimitada por el marco (3.1).

La figura 5 muestra las dianas (3.5) necesarias para la calibración, colocadas en la parte interior del marco (3.1).

La figura 6 muestra la posición de las cámaras (4) según el ángulo Φ de visión suministrado por el fabricante.

La figura 7 enseña el conjunto de dianas utilizado para la calibración inicial de las dos cámaras (4).

Descripción detallada de la invención

La presente invención se refiere a un sistema para inspeccionar una superficie de una estructura (1) por ejemplo una estructura de construcción, edificación u obra pública y monitorizar de forma fiable, fácil y económica los defectos existentes en ella, por ej. una grieta (1,1), a un método de calibración para poder implementar la solución reivindicada y una forma de uso preferente del sistema reivindicado.

Así, un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema para inspeccionar y cuantificar los defectos de una elemento de una estructura (1), que comprende, al menos un armazón (3) anclado en un dron, una serie de medios para obtener imágenes que enfocan a la grieta cuando tal armazón (3) se fija o se centra sobre la superficie agrietada y un microordenador convencional, tipo placa única junto a una placa secundaria que funciona como interfaz, donde el dron se puede mover de forma adyacente a una estructura (1) para

detectar o cuantificar dimensionalmente un defecto a lo largo de la misma tal como una grieta (1.1).

El uso del sistema reivindicado tiene las siguientes ventajas:

5

1. El sistema se puede aplicar para la inspección de estructuras que, de otro modo, serían difíciles o peligrosas de inspeccionar;

10

2. Con el sistema propuesto es posible medir la anchura/profundidad de las grietas y, además, realizar un seguimiento temporal de su evolución.

3. Entre los elementos que pueden ser inspeccionados se incluyen, estructuras en el ámbito de la edificación, de la ingeniería civil o infraestructuras, en general;

15

4. Estos elementos pueden ser de diferentes materiales, siendo el método propuesto de aplicación a elementos de hormigón, estructuras metálicas y demás materiales que puedan emplearse en la ejecución de cualquier estructura.

20

5. Las diferentes disposiciones de los elementos del sistema en el dron permiten la inspección de grietas en superficies de estructuras con diferentes inclinaciones, abarcando desde estructuras verticales, hasta estructuras horizontales.

6. El uso del sistema propuesto no requiere una preparación previa de la superficie de la estructura a examinar;

25

7. El uso del sistema propuesto no requiere conocimientos o habilidades muy especiales para el pilotaje del UAS empleado;

30

8. La iluminación propia que puede presentar el sistema permite la inspección en condiciones ambientales adversas, incluso en condiciones de baja luminosidad o incluso de sombra.

En lo que al sistema objeto de la presente invención se refiere, con él se alcanza un compromiso entre el tiempo de vuelo y la "carga útil" asociada al dron (2) utilizado, entendiéndose por tal el peso que puede transportar el dron (2) incluido su propio peso con sus componentes como, por ejemplo, la batería. Adicionalmente, puede incluir cámaras, sensores, microprocesadores para gobernar las cámaras, etc.

35

Además del propio dron (2), el sistema propuesto comprende, al menos:

- un armazón (3) anclado en un dron (2) con las fijaciones correspondientes;
- 5 – una serie de medios para obtener imágenes que enfocan a la grieta cuando tal armazón (3) se apoya, o se centra sobre la superficie (1) agrietada, y
- un microordenador (5) convencional, tipo placa única (en inglés, Single Board Computers “SBC”); donde el dron (2) se puede mover de forma adyacente a una superficie de una
- 10 estructura (1) para detectar o cuantificar dimensionalmente una grieta (1.1) a lo largo de la misma.

Adicionalmente a la batería principal del dron (2), se incluirá, de ser necesario un sistema de alimentación eléctrica adicional, incluso externo, para el funcionamiento de los dispositivos

15 mencionados más el sistema de alumbrado (3.3).

En la presente invención, el armazón (3) se compone de un marco (3.1), de sección rectangular con ancho mínimo 20-25 mm, soportado por una estructura de varillas (3.2) y ancho máximo que permita un manejo correcto del dron (2). Dicho marco (3.1) puede

20 contener, a su alrededor, un elemento lineal de iluminación (3.3) constituido por componentes comerciales, tales como leds. Ello permite el uso del sistema en cualquier condición ambiental, incluso en aquellas de escasa iluminación o en condiciones de sombra, en ese caso, con tiempos de exposición más largos en las cámaras (4) para evitar problemas de enfoque

25 El elemento lineal de iluminación (3.3) deberá presentar unas características físicas (intensidad luminosa, luminancia e iluminancia) suficientes, para que, en una inspección diurna, realizada en las condiciones ambientales más adversas, incluso con sombra, y con una configuración de las cámaras con ISO 100 y velocidad de obturación mínima 1/1000 se pueda fotografiar la grieta (1.1) de manera que permita su análisis.

30 Asimismo, la parte exterior del marco (3.1) contendrá un elemento acolchado (3.4), tipo goma espuma, que amortigüe el contacto y mejore el apoyo entre el marco y la superficie de la estructura (1) examinada. En la parte interior del marco (3.1) se encuentran, adheridas, una serie de dianas (3.5), formadas por sectores de círculo, que permitirán medir, tras la oportuna

35 calibración, las dimensiones de la grieta (1.1).

El armazón (3) podrá anclarse en dos posiciones, permitiendo inspeccionar superficies de estructuras verticales inclinadas (figura 1) u horizontales (figura 2), desde una posición inferior, como podría ser la parte inferior de un puente.

5 En cuanto a los medios para obtener imágenes de la grieta (1.1), independientemente de la cámara que pueda incorporar el dron (2), para la filmación de la grieta (1.1), se instalarán, a derecha e izquierda del lado menor del rectángulo formado por el marco (3.1), al menos dos cámaras (4) de cualquier tipo comercial con un campo de visión (FOV), en función de la distancia de la grieta (1.1) a la cámara. (4.4) y una resolución adecuados, con el fin de obtener
10 una visión más amplia del entorno de la grieta (1.1). De esta forma, con las dos cámaras se consigue un sistema de visión estereoscópica válido para cualquier aeronave, incluso de pequeñas dimensiones, precio reducido y bajo peso máximo al despegue.

Ambas cámaras (4) contarán con alimentación propia o podrán ser alimentadas de forma
15 adicional (incluso de forma externa) y serán de alta resolución (mínima de 4000x3000 píxeles), permitiendo elevadas velocidades de obturación, mínimas de 1/1000 s. Así, cuanto más elevada sea la resolución de las cámaras (4) y su tiempo de obturación, más sencillo será el proceso de fotografiado de la grieta (1.1) y más precisos serán los resultados.

20 Por otra parte, la orientación de las cámaras (4) es mostrada en la figura 6; es decir, las líneas con origen en el centro del plano del sensor semiconductor de óxido metálico (CMOS) de las dos cámaras (4), situado detrás de la lente y perpendiculares a él, deben cortarse en el punto central (A), intersección de las diagonales del marco (3.1)

25 Con el propósito de contribuir a la consecución de una invención en la que confluyan su funcionalidad, precisión, versatilidad y economía, utilizando drones convencionales de tamaño reducido, el sistema de transmisión de video se realiza conectando las cámaras a un microordenador (5) de placa única ("SBC"), como puede ser uno de los modelos comercializados de Raspberry Pi™, ampliamente conocidos, a la que se incorpora una placa
30 secundaria, también convencional, como las comercializadas por ArduCAM™, que opera como interfaz (adaptador) y que se encarga de manejar las dos cámaras (4) para que actúen como si fuesen una única cámara. Con esta tarjeta secundaria se realiza la transferencia DMA (Direc Memory Acces) en tiempo real entre la cámara y el microordenador (5).

35 Con la cuidada elección de todos estos elementos se puede llegar a conseguir una carga útil optimizada, que no alcanza los 500 gr, lo que supone disponer de una autonomía de vuelo

del dron (2) de, aproximadamente, quince minutos con este tipo de drones de pequeño tamaño.

Un segundo objeto de la presente invención es proporcionar un método aplicando técnicas conocidas de visión estereoscópica y procesamiento "Structure from Motion, Mutiview Stereo, (SfM-MVS) que permita:

- obtener modelos tridimensionales de una grieta (1.1) sobre estructuras construidas en cualquier tipo de material, mediante cámaras de visión estereoscópica, y
- realizar la monitorización temporal y seguimiento de la evolución de dicha grieta (1.1) mediante la comparación de las distancias entre pares de puntos, a ambos lados de la grieta (1.1), sobre dichos modelos tridimensionales.

Las técnicas complementarias SfM y MVS se aplicarán a imágenes tomadas sobre la grieta (1.1) mediante dos cámaras (4) estereoscópicas y presentan la ventaja de ser métodos fotogramétricos automatizados conocidos de bajo coste, alta resolución, flexibles y fáciles de aplicar.

La primera acción que se ha de llevar a cabo, para poder implementar la solución reivindicada, es la calibración de las cámaras (4), cuya distancia focal o campo de visión (en inglés, Field of View, "FOV", o ángulo Φ) estará en función de las dimensiones del marco (3.1) y la distancia entre las cámaras (4) y la grieta (1.1), así como del tamaño del dron utilizado (2), debiéndose, en cualquier caso, poder fotografiar, por completo, el marco (3.1) con sus dianas (3.5), encontrándose la grieta (1.1) en la zona delimitada por el marco (3.1).

El proceso de calibración se desarrolla en 2 fases:

1. Obtención de un conjunto representativo de fotografías.

Se utilizará el sistema estereoscópico constituido por dos las cámaras (4) sobre un conjunto de dianas (3.5) como el mostrado en la fig. 7. El número de imágenes ha de ser suficiente para que el software SfM-MVS realice una alineación correcta. A modo de orientación, se puede comprobar que 30 disparos, es decir, 60 fotos, garantizan una elevada precisión.

Tras la obtención de las mencionadas imágenes del conjunto de dianas (3.5) se siguen las

directrices de trabajo del software SfM-MVS elegido y, una vez alineadas las fotos, se obtendrán los siguientes parámetros intrínsecos de cada cámara (4) y las variables extrínsecas que definen la relación espacial entre ellas, incluyendo su rotación y traslación relativas.:

5

fx, fy	Distancia focal en el eje X e Y
Cx, Cy	Coordenadas del punto de intersección del eje focal con el sensor CMOS.
Skew	Coefficiente de transformación de inclinación
k1, k2, k3, k4	Coefficientes radiales de distorsión
10 p1, p2, p3, p4	Coefficientes tangenciales de distorsión.

Estos coeficientes se almacenarán en el software de forma permanente, como un archivo XML, no siendo necesario repetir el proceso.

15 Con una configuración fija de las cámaras (4) y con los parámetros obtenidos es posible medir distancias con precisión y crear modelos 3D precisos en cualquier otro conjunto de datos de imágenes.

2. Ajuste dimensional.

20

Dado que el objetivo del procedimiento es conocer las medidas reales de la grieta (1.1), es necesario realizar un ajuste dimensional para lo que se utilizarán las distancias entre los puntos de referencia del marco (3.1). Así, se procederá a medir, manualmente o de cualquier otra forma, la distancia entre 2 de las dianas (3.5) del marco (3.1), introduciéndola en el software SfM-MVS utilizado.

25

Posteriormente, se marcarán en el modelo 3D las dianas seleccionadas y la distancia medida entre ellas, quedando, desde este momento, los modelos tridimensionales obtenidos para la grieta (1.1) debidamente escalados, de tal forma que ya se podrá realizar su monitorización.

30

Para analizar la evolución de la grieta (1.1) entre las sucesivas inspecciones y poder conocer tanto el ancho de grieta (1.1) como su seguimiento periódico en el tiempo, se debe realizar la medición inicial como referencia y, así, se podrá calcular, con precisión, las variaciones dimensionales que ha sufrido la grieta (1.1) entre las diferentes inspecciones. Para ello, se seleccionan al menos 2 puntos singulares en lados opuestos de la grieta (1.1) y se marcan, 35 sobre las fotos tomadas de la misma, un número suficiente de pares de puntos (15 pares de puntos o más), alrededor de dichos puntos singulares en cada lado de la grieta, debiéndose

seleccionarse como puntos singulares de la grieta, singularidades superficiales de la misma que puedan identificarse fácilmente en los próximos modelos tridimensionales de seguimiento de la evolución de dicha grieta.

5 Finalmente, se describe una forma de uso preferente del sistema y método reivindicados, con, al menos, los siguientes pasos:

1. Fijación del punto de despegue del dron (2), en el terreno, más cercano a la grieta (1.1).
- 10 2. Vuelo del dron (2) para conseguir la elevación hasta la cota de la grieta (1.1) objeto de análisis.
3. Vuelo de traslación del dron (2) para centrar la posición del marco (3.1) y la grieta (1.1) a fin de conseguir el mejor enfoque de las cámaras (4).
- 15 4. Apoyo o centrado del marco (3.1) sobre la estructura (1) que contiene la grieta (1.1), con el fin de evitar movimientos del dron (2) que perjudiquen la calidad de las fotografías, si las condiciones en que se realice la inspección y de las características de la cámara utilizada lo permiten.
- 20 5. Con ayuda de los dispositivos incluidos en un dron (2), como con GPS y, en su caso, sistemas de posicionamiento visual, cámaras de flujo óptico o rayos infrarrojos, y sensores de ultrasonidos, se mantendrá la posición fija durante el tiempo necesario para tomar las fotografías de la grieta (1.1).
- 25 6. Toma de fotografías de la grieta (1.1).
7. Vuelo de separación del marco (3.1) de la estructura (1) que contiene la grieta (1.1).
- 30 8. Vuelo de descenso de regreso del dron (2) al punto inicial de partida, donde este aterrizará.

El sistema y el método de uso del mismo, pueden implementarse en cualquier tipo de dron, incluidos los drones comerciales. Preferentemente se seleccionan drones existentes en el
35 mercado de un peso inferior a 2 kg para reducir los costes al mínimo. Sin embargo, el sistema y el método pueden implementarse en drones de mayor tamaño y de mayor peso y que, por consiguiente, son capaces de portar más carga útil y/o de poseer más autonomía, con tiempos de vuelo más prolongados. Tanto si el dron ya lleva incorporada una cámara, generalmente

de poca resolución, como si no, una realización preferida de la presente invención incorpora una cámara adicional (no estereoscópica) para ayudar a la navegación y al posicionamiento del dron en la grieta. Asimismo, en el caso de resultar necesario, el sistema comprende una fuente de alimentación energética (tal como una batería) adicional, a la que lleve incorporada el propio dron, incluso de carácter externo, para dar un suministro eléctrico extra a las funciones (alimentación cámaras estereoscópicas y del microordenador, por ejemplo), que porta el dron. Este sistema de alimentación puede ser externo.

REIVINDICACIONES

1.- Sistema acoplado en un dron (2) para la detección y medición de la anchura y profundidad de una grieta (1.1) en una estructura (1) caracterizado por que comprende:

5

- un sistema de anclaje que permite instalar elementos en el dron (2),
- un armazón (3),
- al menos dos cámaras (4) instaladas en el fuselaje o estructura portante del dron (2); a derecha e izquierda del lado menor del rectángulo formado por el marco (3.1);
- 10 - un microordenador (5), tipo placa única (SBC), con una placa secundaria que actúa como interfaz de las dos cámaras (4);

y donde el armazón (3) se puede colocar en diferentes posiciones con respecto al dron y consta de un marco (3.1) que incluye un elemento lineal de iluminación (3.3) que permite la visión de la grieta (1.1) en condiciones ambientales adversas y un elemento acolchado (3.4) para mejorar el contacto con la superficie de la estructura(1) a inspeccionar y que se encuentra sustentado por cuatro varillas de sujeción (3.2).

15

2.- Sistema según la reivindicación 1, caracterizado porque el elemento lineal de iluminación (3.3), incluido en el marco (3.1) se compone de elementos led convencionales o similares.

20

3.- Sistema según la reivindicación 2, caracterizado porque el elemento acolchado (3.4) dispuesto en la parte anterior del marco (3.1) es de un material tipo goma espuma.

25

4.- Sistema según la reivindicación 3, caracterizado porque el marco (3.1) contiene, adicionalmente, una serie de dianas (3.5) adheridas en su parte interior, para la calibración de las cámaras (4).

30

5.- Sistema según la reivindicación 1 que además comprende una cámara adicional a la que, eventualmente, está incorporada ya en el propio dron (2), para ayudar a dirigir el dron hacia la grieta.

35

6.- Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque, además, puede comprender un sistema de alimentación eléctrica adicional, incluso de carácter externo.

7- Método que comprende la utilización del sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores aplicando técnicas de visión estereoscópica y procesamiento tipo "Structure from Motion, Mutiview Stereo, (SfM-MVS), y que comprende:

- 5
- obtener modelos 3D de una grieta (1.1) sobre estructuras (1) construidas en cualquier tipo de material mediante las cámaras (4) de visión estereoscópica, y
 - monitorizar temporal y seguir la evolución de dicha grieta (1.1) por la comparación de las distancias entre pares de puntos, a ambos lados de la grieta (1.1), sobre dichos modelos
- 10 3D,

y en el que se realiza, previamente al posicionamiento del sistema en la grieta (1.1), una calibración de las cámaras (4), la cual se desarrolla en 2 fases:

15 1ª. Obtención de un conjunto representativo de fotografías, para calcular los parámetros intrínsecos de cada cámara (4) y las variables extrínsecas que definen la relación espacial entre ellas, incluyendo su rotación y traslación relativas, y

2ª. Un ajuste dimensional.

20 8- Método según la reivindicación anterior, caracterizado por que en la primera fase de la calibración previa de las cámaras (4) se calculan los siguientes parámetros intrínsecos de cada cámara (4):

fx, fy	Distancia focal en el eje X e Y
25 Cx, Cy	Coordenadas del punto A de intersección del eje focal con el sensor CMOS de las cámaras (4).
Skew	Coefficiente de transformación de inclinación
k1, k2, k3, k4	Coefficientes radiales de distorsión
p1, p2, p3, p4	Coefficientes tangenciales de distorsión,

30 y se almacenan, permanentemente, en el software SfM-MVS utilizado, como archivo XML.

9- Método según la reivindicación anterior, caracterizado por que en la segunda fase de la calibración previa de las cámaras (4) se utilizan las distancias entre los puntos de referencia

35 del marco (3.1), midiéndose, manualmente o de cualquier otra forma, la distancia entre 2 de

las dianas (3.5) del marco (3.1), para introducirla en el software SfM-MVS utilizado y, posteriormente, se marcan en el modelo 3D las dianas seleccionadas y la distancia medida entre ellas, quedando, desde este momento, los modelos tridimensionales obtenidos para la grieta (1.1) debidamente escalados, de tal forma que ya se podrá realizar su monitorización.

5

10- Método según cualquiera de las reivindicaciones 8 y 9 caracterizado porque para conocer tanto las dimensiones de la grieta (1.1) como su seguimiento periódico en el tiempo, se debe realizar la medición inicial como referencia y, así, se podrá calcular, con precisión, las variaciones dimensionales sufridas por la grieta (1.1) entre las diferentes inspecciones, para lo que se seleccionan al menos 2 puntos singulares en lados opuestos de la grieta (1.1) y se marcan, sobre las fotos tomadas de la misma, un número suficiente de pares de puntos, preferentemente 15 pares de puntos o más, alrededor de dichos puntos singulares en cada lado de la grieta (1.1), seleccionando como puntos singulares de la grieta (1.1), singularidades superficiales de la misma que puedan identificarse fácilmente en los próximos modelos tridimensionales de seguimiento de la evolución de dicha grieta.

15

11- Uso de un sistema o del método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado por que comprende, al menos, los siguientes pasos:

20

i. Fijación del punto de despegue del dron (2), en el terreno, más cercano a la grieta (1.1).

ii. Vuelo del dron (2) para conseguir la elevación hasta la cota de la grieta (1.1) objeto de análisis.

25

iii. Vuelo de traslación del dron (2), preferentemente en dirección perpendicular a la estructural (1), para centrar la posición del marco (3.1) y la grieta (1.1), a fin de conseguir el mejor enfoque de las cámaras (4).

30

iv. Apoyo o centrado del marco (3.1) sobre la estructura (1) que contiene la grieta (1.1), con el fin de evitar movimientos del dron (2) que perjudiquen la calidad de las fotografías, si las condiciones en que se realice la inspección y de las características de la cámara utilizada lo permiten.

35

v. Con ayuda de los dispositivos incluidos en un dron (2), como con GPS y, en su caso, sistemas de posicionamiento visual, cámaras de flujo óptico o rayos infrarrojos, y sensores de ultrasonidos, se mantendrá la posición fija de apoyo o centrado del

sistema con relación a la estructura (1) durante el tiempo necesario para tomar las fotografías de la grieta (1.1).

vi. Toma de fotografías de la grieta (1.1).

5

vii. Vuelo de separación del marco (3.1) de la estructura (1) que contiene la grieta (1.1), preferentemente en dirección perpendicular a dicha estructura (1).

10

viii. Vuelo de descenso para el regreso del dron (2) al punto inicial de partida, donde este aterrizará.

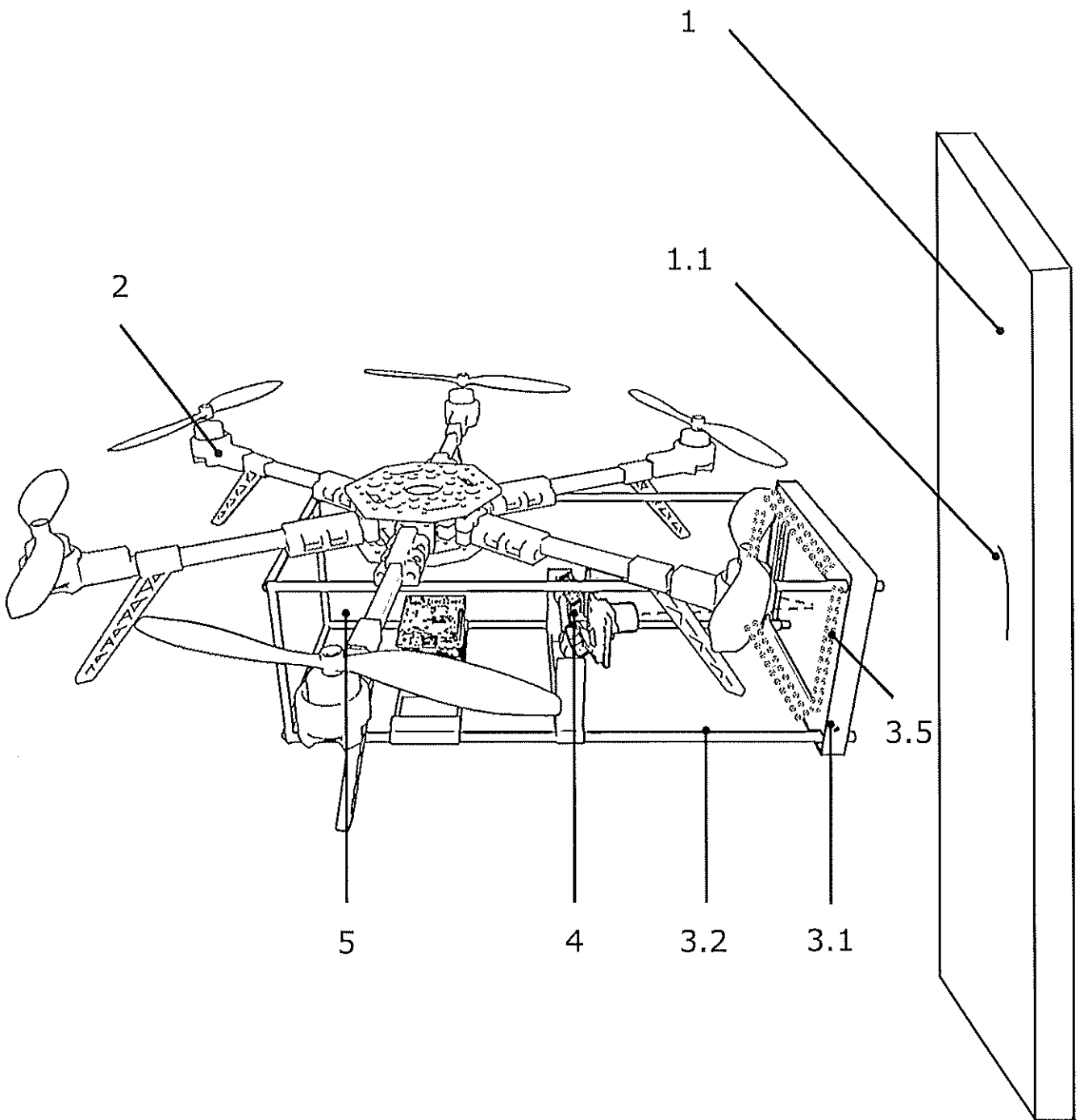


FIG. 1

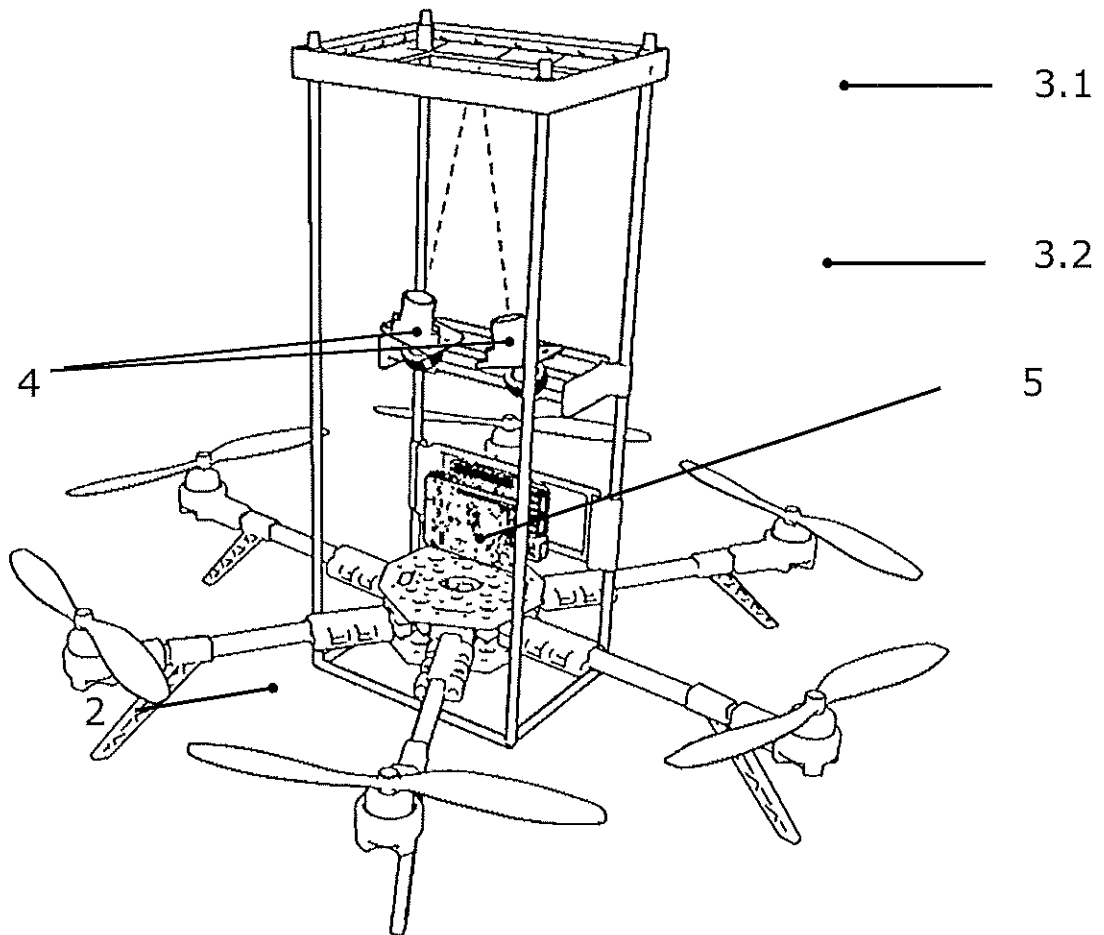
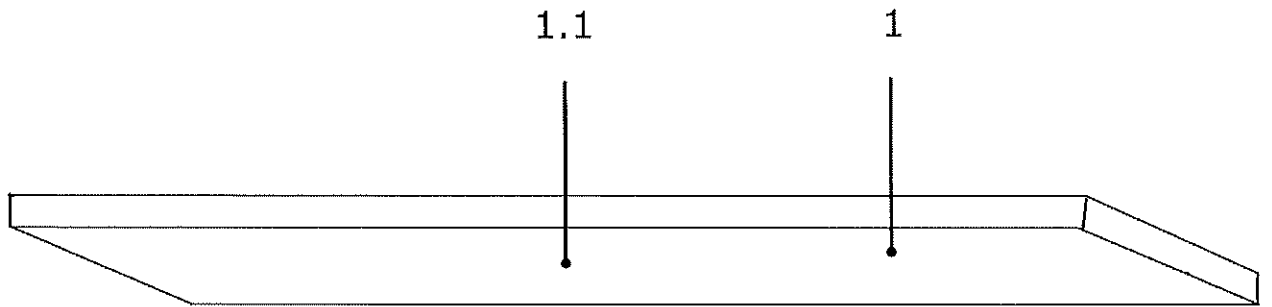


FIG. 2

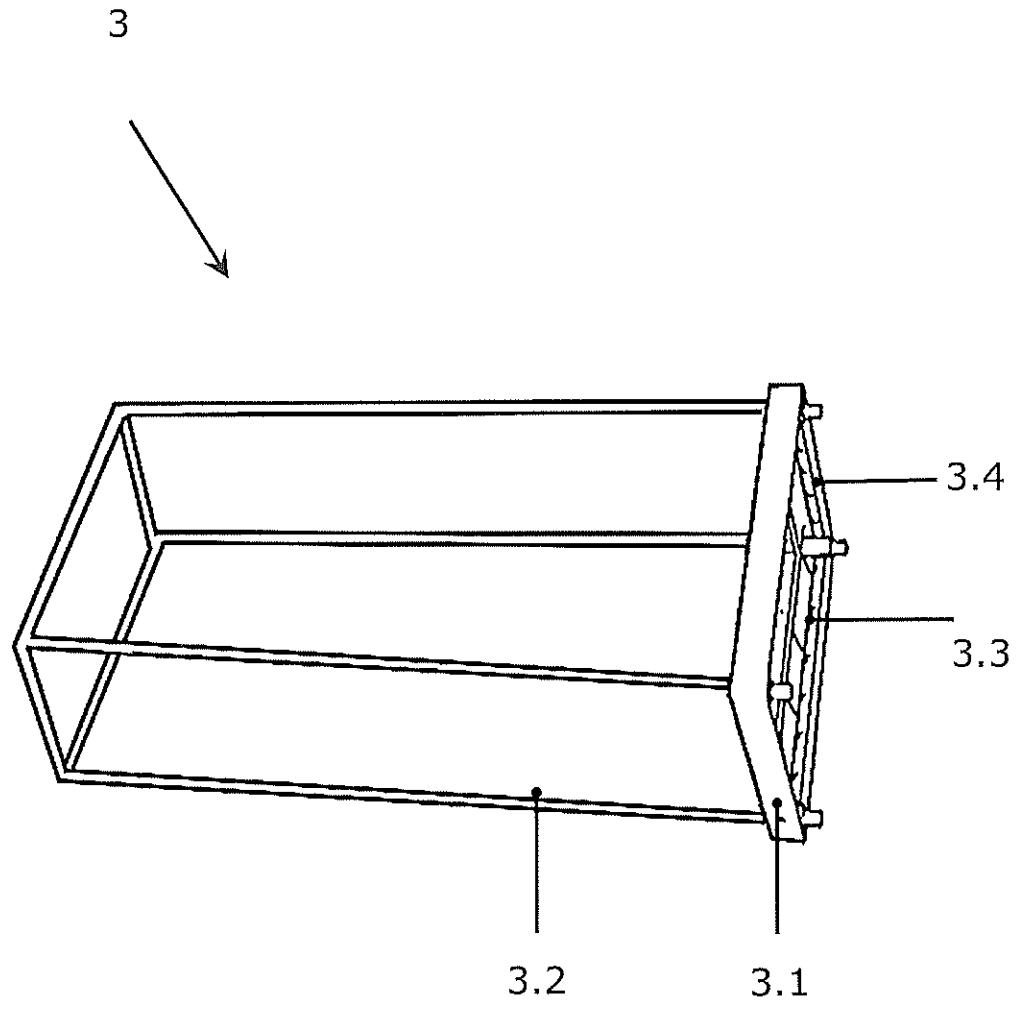


FIG. 3

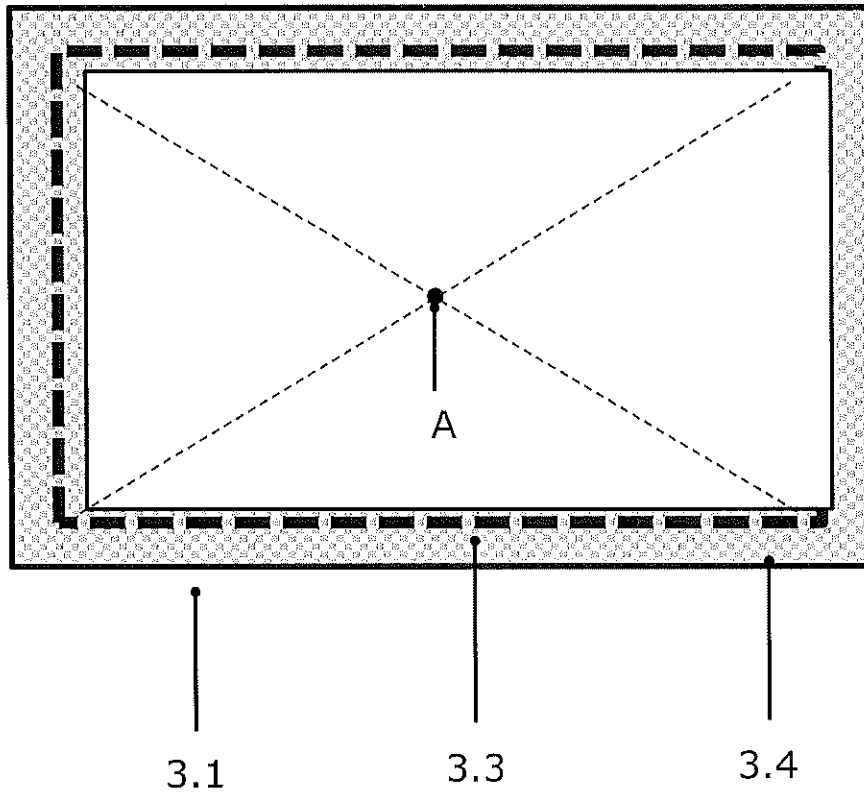


FIG. 4

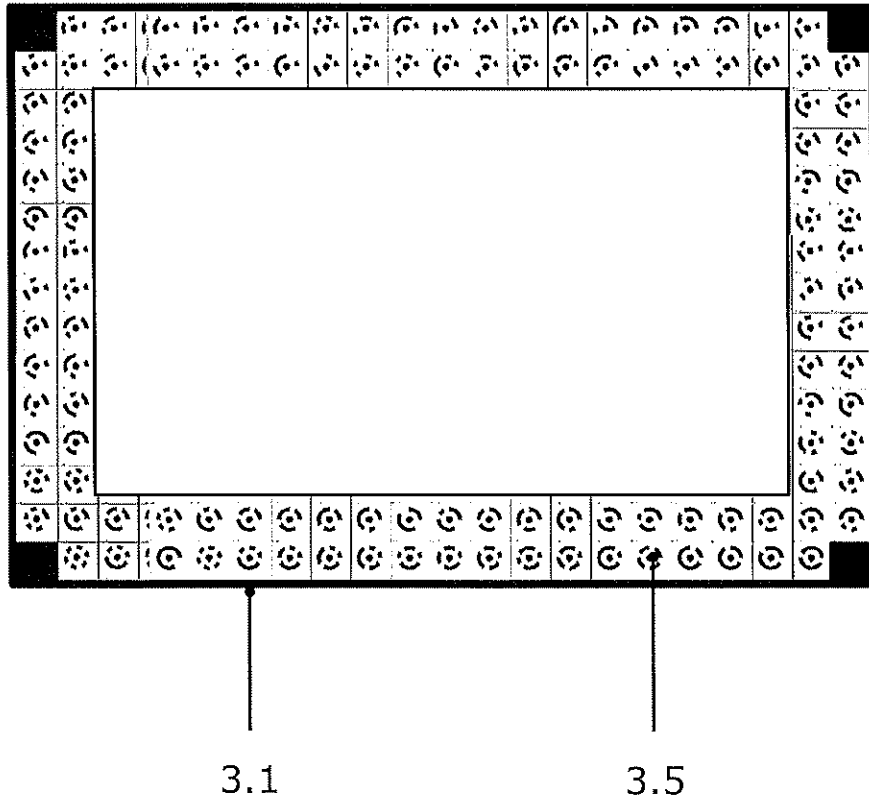


FIG. 5

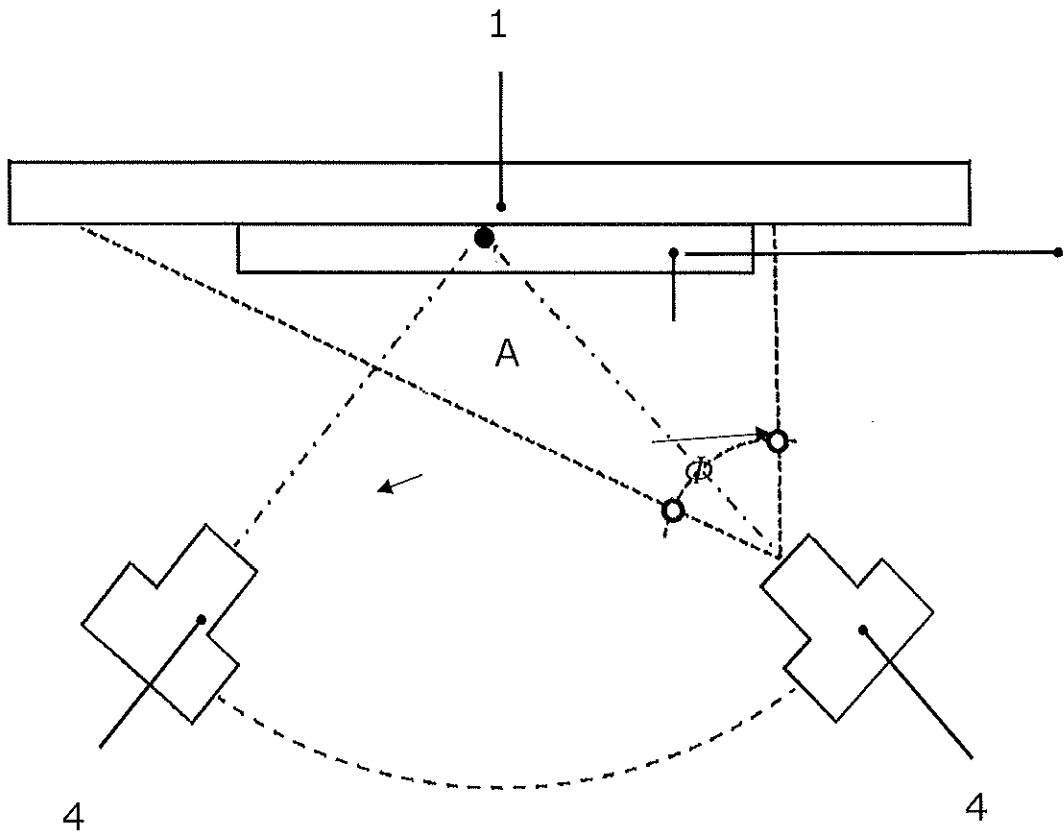


FIG. 6

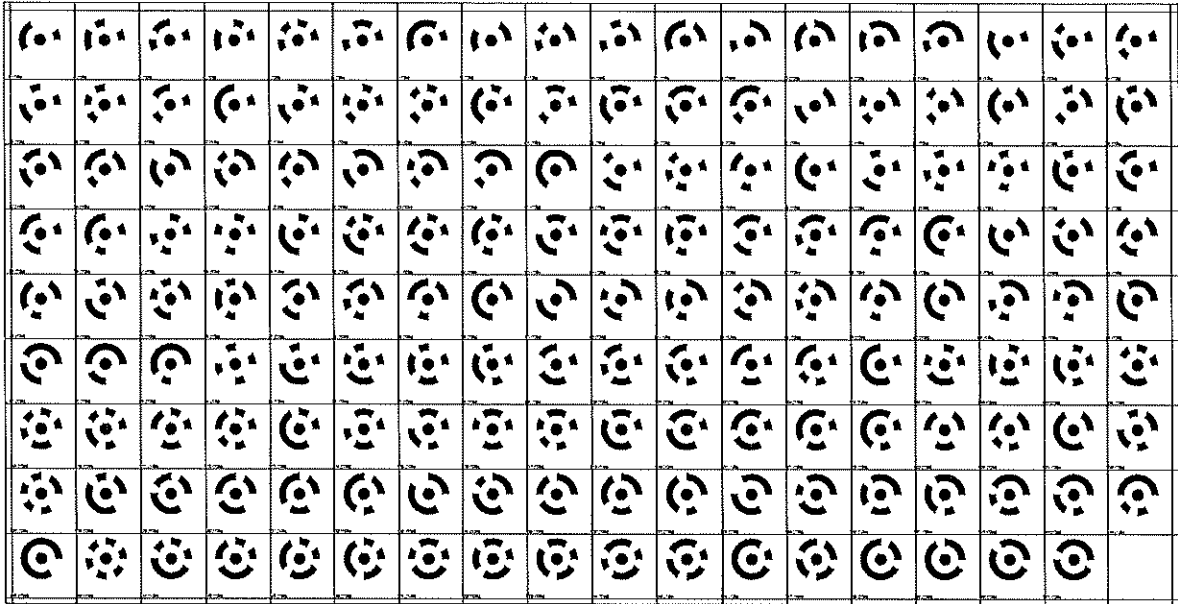


FIG. 7



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 202430831

②② Fecha de presentación de la solicitud: 14.10.2024

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	JP 3240629U U 24/01/2023, Párrafos [0001] a [0058]; figuras 1 a 6.	1-3, 5
A	CN 118279316B B (UNIV SHANDONG et al.) 02/08/2024, Descripción; figuras 1-9.	1-11
A	CN 106441235 A (UNIV HUNAN SCI & TECHNOLOGY) 22/02/2017, Descripción; figuras 1-6.	1-11
A	CN 207067019U U (UNIV CHINA THREE GORGES CTGU) 02/03/2018, Descripción; figuras 1-2.	1-11

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
21.03.2025

Examinador
R. Olivares Gómez

Página
1/2

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

G01B11/02 (2006.01)

B64D47/08 (2006.01)

G06T7/00 (2017.01)

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

G01B, B64D, G06T

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

INVENES, EPODOC, Google Patents