(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 492 390**

(21) Número de solicitud: 201330321

(51) Int. CI.:

G03B 5/00 (2006.01)
H04N 5/33 (2006.01)

(12) SOLICITUD DE PATENTE A1

(22) Fecha de presentación:

06.03.2013

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

08.09.2014

(71) Solicitantes:

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

(72) Inventor/es:

FERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, Jesús;
RODRÍGUEZ GONZÁLVEZ, Pablo;
GONZÁLEZ AGUILERA, Diego y
HERÁNDEZ LÓPEZ, David

(74) Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

(54) Título: **Sistema de autocalibración fotogramétrica de cámaras termográficas**

(57) Resumen:

Sistema de autocalibración fotogramétrica de cámaras termográficas que permite obtener automáticamente con gran precisión y fiabilidad los parámetros internos geométricos (distancia y punto principal) y físicos (distorsión radial y tangencial) de la cámara. El sistema comprende una cámara termográfica (7), una unidad de control (8) que permite descargar y procesar las fotos y permite resolver los algoritmos fotogramétricos y un blanco (9). El blanco (9) comprende un panel (1) de material aislante que dispone de unas perforaciones (2) destinadas a alojar unas resistencias (3) conectadas a una fuente de alimentación. En la superficie de dicho panel (1), en correspondencia con las perforaciones (2) se disponen unas grapas (4) en posición ortogonal, y el panel (1) está rodeado por un marco de posicionamiento (5) que comprende al menos un elemento de enganche (6) destinado a acoplarse en un trípode fotográfico.

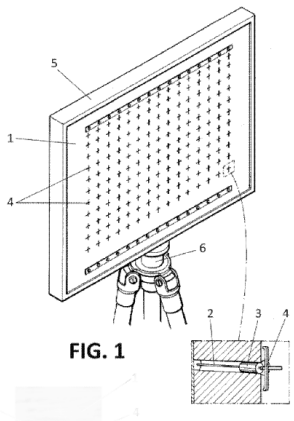

FIG. 1

ES 2 492 390 A1

DESCRIPCIÓN

Sistema de autocalibración fotogramétrica de cámaras termográficas.

OBJETO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere a un sistema que permite la autocalibración fotogramétrica de cámaras termográficas, permitiendo obtener los parámetros internos geométricos y físicos de la cámara de forma automática, precisa y fiable.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

La termografía infrarroja es una técnica con un creciente grado de desarrollo y aplicación en los últimos años. Desde la inspección de edificios bien sean nuevos o históricos, donde se analizan perdidas de humedad y patologías, los estudios de eficiencia energética donde se detectan pérdidas de calor y fugas de aire, el mantenimiento de instalaciones eléctricas o mecánicas donde de determinan fallos o sobrecargas en los elementos; hasta aplicaciones médicas en humanos y animales donde se determinan inflamaciones y problemas en el flujo sanguíneo entre otros.

Con esta técnica se obtienen imágenes que contienen la radiación infrarroja que todos los cuerpos emiten debido a sus condiciones térmicas, lo que permite determinar temperaturas o variación de temperaturas en los diferentes objetos analizados y por consiguiente inferir los correspondientes análisis termográficos. Estas medidas de temperatura requieren de procedimientos de calibración térmicos (radiométricos), ya estandarizados, que permiten garantizar una mayor exactitud en la información de temperatura. Para ello se utiliza un cuerpo negro que actúa como objeto teórico o ideal ya que absorbe toda la luz y toda la energía radiante que incide sobre él, evitando la reflectividad de falsas radiaciones. Sin embargo, el aspecto geométrico de las cámaras termográficas no se suele considerar y es un factor clave en determinadas aplicaciones de ingeniería y arquitectura donde se desean obtener reconstrucciones tridimensionales y valores métricos que apoyen los datos cualitativos de las temperaturas.

Los escasos acercamientos en esta línea proponen la utilización de lámparas incandescentes que al aumentar su temperatura al encenderse son detectados por las cámaras. No obstante, estos sistemas requieren de alimentación eléctrica y producen efectos de difracción que hacen que la identificación del centro exacto de los puntos sea aproximado. Con el fin de eliminar la deficiencia reseñada, otros acercamientos emplean un patrón con materiales de diversa emisividad utilizando como base un papel aluminio que codifica diferentes dianas circulares y tarjetas. Ambos tipos de acercamientos carecen de una definición precisa y singular de los puntos, ya que las lámparas (sistema activo) y las dianas (sistema pasivo) definen elementos superficiales no puntuales.

Del estado de la técnica se conoce un sistema de calibración pasivo, conformado por una red de dianas artificiales de diferente emisividad y que permite la obtención de los parámetros internos de la cámara termográfica mediante la toma de diferentes imágenes termográficas con diferentes ángulos e inclinaciones.

Otro sistema que se conoce del estado de la técnica es un sistema activo de lámparas incandescentes que permite que cuando dichas lámparas incandescentes aumentan su temperatura sean detectadas por las cámaras termográficas. De la misma forma, a través de un protocolo de toma de imágenes a diferentes distancias y con diferentes ángulos permite la estimación de los parámetros internos de la cámara.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

La presente invención propone un sistema para la autocalibración fotogramétrica de cámaras termográficas sustentado en el diseño de una red regular de resistencias en sinergia con el material aislante y grapas en disposición ortogonal, estableciendo puntos singulares de control que permitan determinar los parámetros internos de la cámara, tanto desde el punto de vista geométrico, es decir la distancia principal y el punto principal, como físico, es decir la distorsión radial y la tangencial. Obtenidos los parámetros de calibración geométricos y físicos se llevan a cabo los procesos fotogramétricos convencionales habituales con cámaras, del tipo réflex y compactas, consistentes en la extracción y correspondencia de características, la orientación de las imágenes y la generación de modelos tridimensionales y ortofotos termográficas, lo que permite complementar los valores cualitativos de las temperaturas.

El sistema de autocalibración fotogramétrica de cámaras termográficas de la presente invención comprende una cámara termográfica destinada a la toma de imágenes. Es la cámara que se autocalibra. Asimismo comprende una unidad de control y tratamiento de las imágenes tomadas por la cámara termográfica y comprende un blanco de unas características especiales que permite la calibración de la cámara. Dicho blanco comprende un panel de material aislante que dispone de una pluralidad de perforaciones. Las mencionadas perforaciones están destinadas a alojar unas resistencias conectadas a una fuente de alimentación.

Las resistencias actúan como fuente activa de calor tal que la cámara se puede calibrar conociendo el patrón del panel y en función del calor que detecta de las resistencias. Como el patrón es de un material aislante todo el calor que generan las resistencias se canaliza en las perforaciones del blanco, aspecto que facilitará la visualización de los puntos individuales.

Para tal fin, el blanco comprende unas grapas en la superficie del panel en correspondencia con las perforaciones. Dichas grapas pueden ser unas grapas en forma de cruz o bien ser dos grapas dispuestas de forma ortogonal entre sí. El punto central de la cruz formada por las grapas sobre las perforaciones determina, junto con la resistencia correspondiente, un punto singular que se emplea para el autocalibrado de la cámara termográfica.

El panel está montado de sobre un marco de posicionamiento que comprende al menos un elemento de enganche que está destinado a permitir el acoplamiento del sistema de la invención en un trípode fotográfico. En una realización preferente el elemento de enganche es una rótula fotográfica tal que permite el acoplamiento del sistema en trípodes fotográficos convencionales y que proporciona dos grados de libertad al sistema de forma que puede girar libremente en dirección acimutal y cenital. Así pues no es necesario desplazar la cámara para realizar el autocallibrado sino que estando fija sobre el trípode se puede girar. Esto permite aumentar la fiabilidad de la calibración.

El empleo de resistencias en la presente invención evita pérdidas de energía en la generación de luz gracias a que son materiales de alta eficiencia energética al transformar toda la electricidad en flujo térmico. El uso de resistencias combinado con el empleo de un panel de material aislante evita la formación de bordes difuminados que son propios de los sistemas incandescentes en donde las lámparas incandescentes calientan el material adyacente. Adicionalmente, las perforaciones del panel, en el interior de las que se alojan las resistencias, permiten focalizar el flujo térmico emitido mejorando así el contraste.

Todos los sistemas de calibración del estado de la técnica tienen limitaciones en la precisión del proceso de calibración ya que no materializan un punto sino un área, con los consecuentes errores derivados. La solución a este problema que propone la presente invención es el empleo de las

grapas mencionadas, que permiten materializar elementos puntuales que son recogidos por la cámara térmica.

Adicionalmente, los elementos puntuales delimitados por las grapas pueden dotarse de coordenadas mediante el empleo de sistemas metrológicos, como por ejemplo palpadores. Esto permite determinar la exactitud de la autocalibración y excluir de los cálculos los errores accidentales y sistemáticos que se pudiesen derivar de la construcción del sistema propuesto.

Para la autocalibración de la cámara termográfica se toman imágenes termográficas desde diferentes ángulos y distancias según un protocolo fotogramétrico y posteriormente serán tratadas mediante un software fotogramétrico. La red de resistencias empleada en sinergia con el panel de material aislante y las grapas ortogonales permite la detección precisa y fiable de los puntos por parte de la cámara termográfica, permitiendo que un usuario con un software fotogramétrico pueda de forma sencilla y ágil autocalibrar la cámara con fines métricos.

Por tanto, la invención propuesta permite la utilización real y efectiva de las cámaras termográficas con fines métricos gracias a la calibración fotogramétrica del sensor, así como la posibilidad de combinar información termográfica y geométrica. Este último aspecto resulta crucial en muchas aplicaciones de la ingeniería civil, como el análisis e inspección de estructuras, y la arquitectura, como la eficiencia energética de la envolvente de los edificios, donde se requiere explotar las propiedades cualitativas (temperaturas) y cuantitativas (métrica) de las imágenes termográficas. Hasta ahora el uso de las cámaras termográficas había quedado relegado a su vertiente cualitativa sustentada en la determinación de temperaturas y sus variaciones.

El sistema de la presente invención permite calibrar las cámaras termográficas desde un punto de vista geométrico determinando con una gran precisión y fiabilidad los parámetros internos de la cámara: distancia y punto principal, junto con sus distorsiones. Así pues el presente sistema permite aplicar los modernos procesos de la fotogrametría y la visión computacional destinados a obtener modelos tridimensionales con propiedades métricas junto con sus correspondientes ortofotos.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

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:

Figura 1.- Muestra una vista en perspectiva del panel colocado sobre un trípode fotográfico y se aprecia en un detalle un corte del panel en el que se observa una perforación en el interior de la que se dispone una resistencia y unas grapas en la superficie del panel.

Figura 2.- Muestra una imagen termográfica de un punto singular del sistema de la invención.

Figura 3.- Muestra una vista del sistema de autocalibración fotogramétrica donde se observan la unidad de control, la cámara termográfica y el panel.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCIÓN

El sistema de autocalibración fotogramétrica de cámaras termográficas permite la determinación automática de los parámetros de calibración internos de la cámara. Los parámetros que se

pueden determinar con este sistema son tanto la distancia principal y el punto principal que son parámetros geométricos, como la distorsión radial y tangencial que son parámetros físicos.

El sistema propuesto se observa en la figura 3. Este sistema comprende esencialmente una cámara termográfica (7), una unidad de control (8) y tratamiento de las imágenes tomadas por la cámara termográfica (7) y un blanco (9).

El blanco (9) se observa en la figura 1 y comprende un panel (1) de un material aislante que comprende una serie de perforaciones (2) que definen el patrón geométrico. Dichas perforaciones (2) están destinadas a alojar unas resistencias (3). En la superficie del panel (1), en correspondencia con cada perforación (2), se disponen una grapas (4) en posición ortogonal entre sí formando una cruz. El panel (1) está situado en el interior de un marco de posicionamiento (5) que comprende al menos un elemento de enganche (6) destinado a acoplarse en un trípode fotográfico. Las perforaciones (2) se observan en el detalle de la figura 1 donde se muestra un corte del panel (1). Se observa asimismo una resistencia (3) en el interior de dicha perforación (2) y se aprecian las grapas (4) en la superficie del panel (1).

El panel (1) es de un material aislante, que en una realización preferente es poliestireno extruido, ya que esta característica permite reducir la transferencia de calor desde las resistencias (3) al material adyacente que es el panel (1). De esta forma se mejora el contraste en los bordes de las perforaciones (2) entre las resistencias (3) y el panel (1) y se mejoran las condiciones para la calibración de la cámara.

Las resistencias (3) están conectadas a una fuente de alimentación y se emplean como elementos activos generadores de calor y al estar alojadas en las perforaciones (2) del panel (1) permiten focalizar la dirección del gradiente térmico para su detección por parte de las cámaras termográficas. Las resistencias (3) se emplean como elementos activos de calor que convierten toda la electricidad en flujo térmico, obteniéndose una elevada eficiencia energética del sistema. Además el empleo de las resistencias (3) como elementos activos permite focalizar la dirección de gradiente térmico para su detección por parte de las cámaras termográficas.

Las grapas (4) están dispuestas en la superficie del panel (1) en correspondencia con las perforaciones (2) de forma que en combinación con el calor focalizado por las resistencias (3) permiten definir por contraste térmico puntos individuales y singulares. Es decir, se forma un punto singular entre la resistencia (2) y el punto central de las grapas (4) destinado al autocalibrado de la cámara termográfica. Esto permite mejorar mucho la precisión del proceso de detección de los puntos de control y por tanto de la autocalibración. Los puntos singulares pueden ser dotados de coordenadas tridimensionales mediante sistemas metrológicos.

En la unidad de control (8) se dispone de un patrón predeterminado con unos puntos de control correspondientes con los puntos en los que se tiene la fuente de calor, en este caso las resistencias (2). Para la calibración de la cámara (7) se toma una serie de imágenes del blanco (9) que son procesadas en la unidad de control (8), obteniéndose los diferentes parámetros geométricos y físicos de la cámara. En el blanco (9) de la presente invención las resistencias (2) están en correspondencia con el punto central de las correspondientes grapas (4) tal que se tiene un punto singular que permite que la comparación de la imagen tomada del blanco y el patrón predefinido se pueda hacer con una precisión mucho mayor que con los sistemas del estado de la técnica.

El elemento de enganche (6) del marco de posicionamiento (5) es preferentemente una rótula fotográfica que permite la colocación del sistema en un trípode fotográfico y dotar al sistema de dos grados de libertad en rotaciones, acimutales y cenitales. Esto evita la necesidad de desplazar la

cámara termográfica durante el proceso de autocalibración para evitar los ángulos incidencia, ya que se puede rotar todo el blanco (9).

La mayor novedad del presente sistema, además de su propio diseño y construcción, está en la forma de colocación de las resistencias (3) en el panel (1) y la distribución de las grapas (4) en la superficie del panel (1) ya que el conjunto de las resistencias (3) con las grapas (4) actúan como puntos de control que son identificados de forma precisa y fiable por la cámara termográfica, lo cual no era posible con las mallas de calibración de laboratorio convencionales.

Cuando las resistencias (3) están activas se generan puntos singulares marcados por las grapas (4) colocadas en la superficie del panel (1). Dichos puntos singulares se pueden dotar de coordenadas tridimensionales mediante sistemas metrológicos de forma inequívoca. Esto es posible precisamente por la combinación de elementos del sistema propuesto que permite materializar puntos singulares en lugar de áreas como ocurre con los sistemas del estado de la técnica.

Así pues el conjunto de cada resistencia (3) con sus correspondientes grapas (4) permite generar un punto de control singular con el fin de facilitar la automatización de la calibración y la visualización nítida y de calidad del centro de las resistencias por parte del sensor termográfico como se observa en la figura 2.

El diseño del patrón de perforaciones (2) del panel (1) es variable y se puede ajustar a las necesidades de cada caso concreto para realizar controles de exactitud en los procesos de calibración.

En un ejemplo concreto de realización, el panel (1) es de poliestireno expandido tiene unas dimensiones de 420 x 297 mm y comprende 165 perforaciones (2) cilíndricas separadas entre sí una distancia de 2,5 cm y que están situadas equidistantes entre sí. Cada perforación (2) aloja una resistencia (3). En la superficie del panel, sobre cada perforación (2), o lo que es lo mismo en correspondencia con cada resistencia (3), se disponen unas grapas (4) en posición ortogonal. De esta manera se conforma una malla regular con las resistencias (3) y las grapas (4) en la que se establecen puntos singulares, con áreas de aproximadamente 0,60mm^2 que permiten la detección precisa y fiable por parte de la cámara termográfica.

REIVINDICACIONES

1.- Sistema de autocalibración fotogramétrica de cámaras termográficas que comprende una cámara termográfica (7), una unidad de control (8) y tratamiento de las imágenes tomadas por la cámara termográfica (7) y un blanco (9) del que se toman las imágenes, y el sistema está caracterizado por que el blanco (9) comprende un panel (1) de material aislante que dispone de unas perforaciones (2) destinadas a alojar unas resistencias (3) conectadas a una fuente de alimentación y en la superficie de dicho panel (1), en correspondencia con las perforaciones (2), se disponen unas grapas (4) colocadas en posición ortogonal entre sí, formándose un punto singular entre la resistencia (2) y el punto central de las grapas (4) destinado al autocalibrado de la cámara termográfica, y el panel (1) está rodeado por un marco de posicionamiento (5) que comprende al menos un elemento de enganche (6) destinado a acoplarse en un trípode fotográfico tal que el blanco (9) puede girar durante la calibración de la cámara.

2.- Sistema de autocalibración fotogramétrica de cámaras termográficas según la reivindicación 1 caracterizado por que panel (1) del blanco (9) es de poliestireno extruido.

3.- Sistema de autocalibración fotogramétrica de cámaras termográficas según la reivindicación 1 caracterizado por que el elemento de enganche (6) del blanco (9) es una rótula fotográfica.

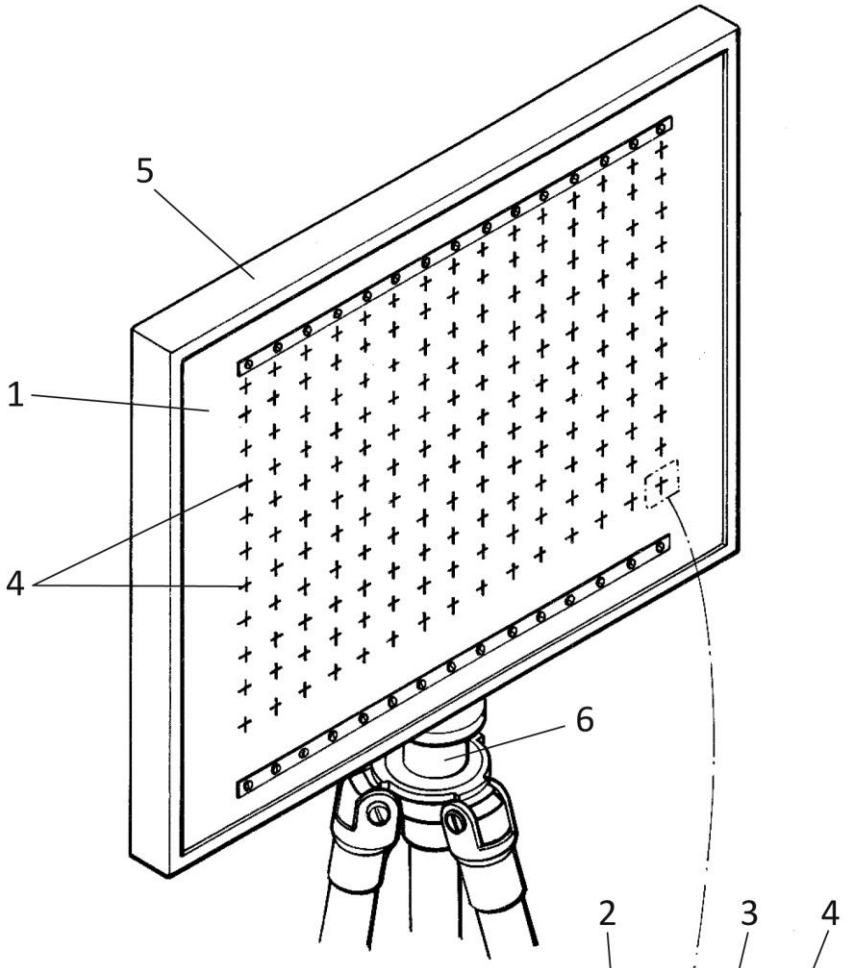

FIG. 1

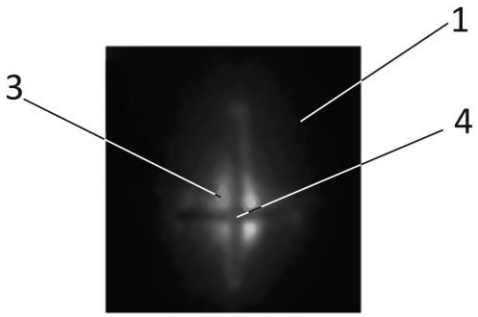

FIG. 2

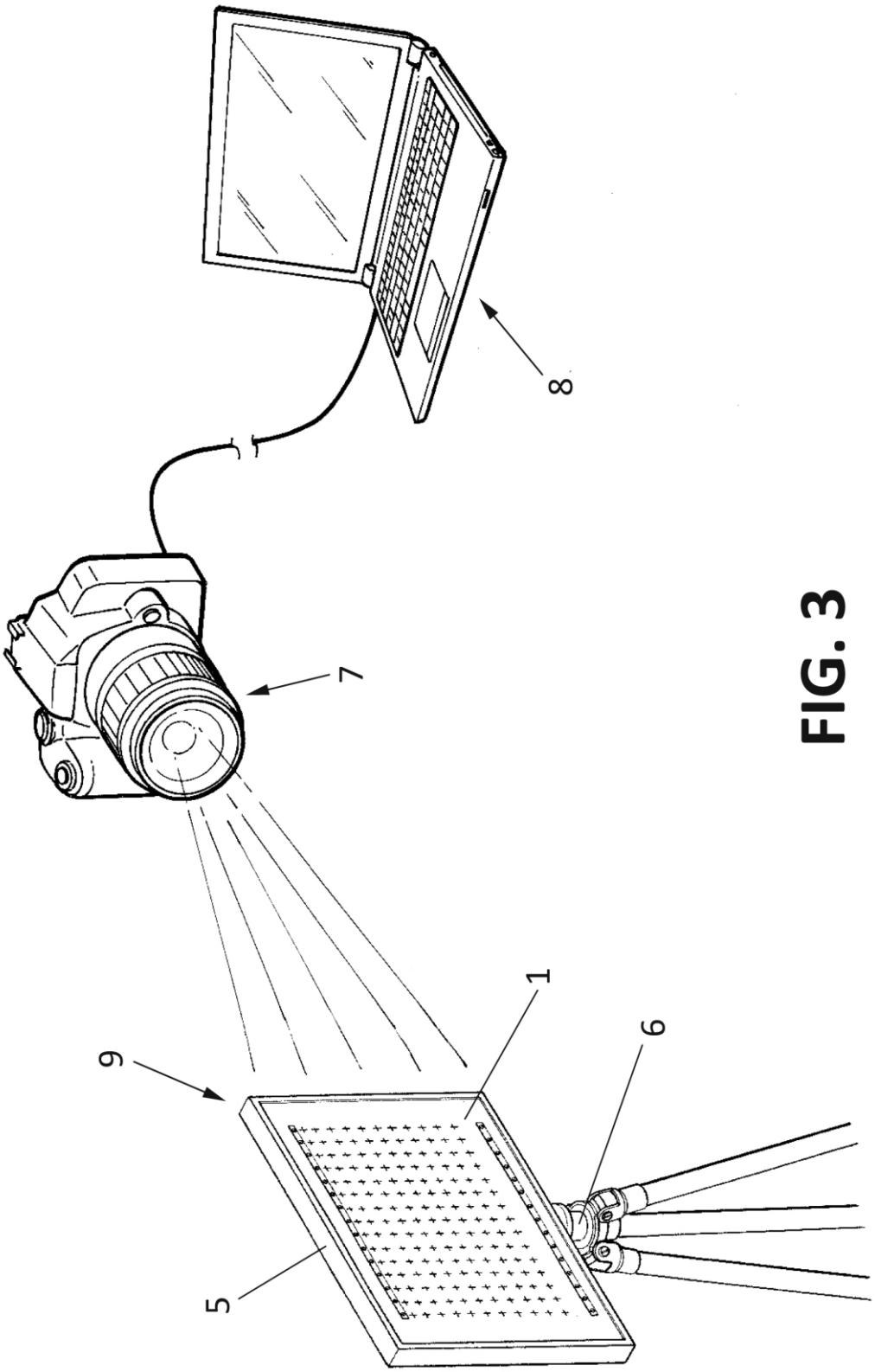

FIG. 3

OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(21) N.º solicitud: 201330321

(22) Fecha de presentación de la solicitud: 06.03.2013

(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

(51) **Int. Cl. :** ***G03B5/00*** (2006.01)
H04N5/33 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	(56) **Documentos citados**	**Reivindicaciones afectadas**
X	US 2012069193 A1 (HONEYWELL INT INC) 22.03.2012, Resumen de la base de datos WPI. Recuperado de EPOQUE [recuperado el 22.04.2014]; figura 6; párrafo [17].	1-3
A	JP 2010048724 A (IHI CORP et al.) 04.03.2010, Resumen de la base de datos WPI. Recuperado de EPOQUE [recuperado el 22.04.2014]; figuras.	1,3
A	US 2008097156 A1 (PENTAX CORP et al.) 24.04.2008, Resumen de la base de datos WPI. Recuperado de EPOQUE [recuperado el 22.04.2014]; figuras 11a-11b: párrafos [83-84].	1

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	**Examinador**	**Página**
23.04.2014	E. P. Pina Martínez	1/4

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

G03B, H04N

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

INVENES, EPODOC, WPI

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 23.04.2014

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1-3	**SI**
	Reivindicaciones		**NO**
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones		**SI**
	Reivindicaciones	1-3	**NO**

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 2012069193 A1 (HONEYWELL INT INC)	22.03.2012
D02	JP 2010048724 A (IHI CORP et al.)	04.03.2010

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Se considera D01 el documento del estado de la técnica anterior más próximo al objeto de la solicitud. Este documento afecta al requisito de actividad inventiva de todas las reivindicaciones, tal y como se explicará a continuación.

Reivindicación 1

El documento D01 describe el siguiente dispositivo (las referencias entre paréntesis se refieren a D01):

Sistema de calibración de una cámara termográfica (15) que comprende una unidad de control y tratamiento (20) de las imágenes tomadas por la cámara y un blanco (13) del que se toman las imágenes que consiste en un panel (18) en el que se sitúan en una disposición regular puntos emisores de luz (leds) o calor (párr.17, fig. 6) destinados a la calibración de la cámara.

La principal diferencia entre este dispositivo y el reivindicado en la solicitud reside en la utilización en este último de resistencias como fuentes de emisoras de calor, lo que se considera una opción de selección al alcance del experto en la materia, y por tanto su implementación en el dispositivo descrito anteriormente no implicaría el ejercicio de un esfuerzo inventivo.

En cuanto a otros elementos diferenciales como el marco de posicionamiento o el elemento de enganche para el giro del blanco de calibración, asimismo se consideran alternativas constructivas conocidas en el sector de la técnica relacionada (ver por ejemplo el documento D02, figura 1), y por tanto de implementación evidente para un experto en la materia.

Por todo lo anterior, la reivindicación independiente, a la vista del estado de la técnica anterior a la solicitud, no satisface el requisito de actividad inventiva establecido en el Art. 8.1 de la Ley de Patentes 11/86.

Reivindicaciones 2 y 3

Las reivindicaciones dependientes 2 y 3 no comprenden características adicionales o alternativas que, en combinación con las características de la reivindicación 1, satisfagan el requisito de actividad inventiva frente al estado de la técnica anterior (Art. 8.1 LP).

En conclusión, a la vista del estado de la técnica anterior, la solicitud satisface los requisitos de patentabilidad que se establecen en el Art. 4.1 de la Ley de Patentes 11/86.