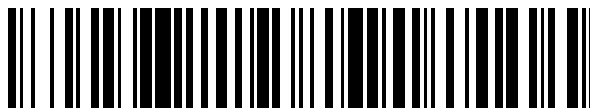


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 958 041**

21 Número de solicitud: 202230599

51 Int. Cl.:

G01N 21/55 (2014.01)

G01N 21/47 (2006.01)

G01N 21/57 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

01.07.2022

43 Fecha de publicación de la solicitud:

31.01.2024

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD DE CÁDIZ (50.0%)

Paseo Carlos III, nº 9

11003 Cádiz (Cádiz) ES y

ACERINOX EUROPA, S.A.U. (50.0%)

72 Inventor/es:

GONZÁLEZ LEAL, Juan María y

GALLERO REBOLLO, Enrique

54 Título: **PROCEDIMIENTO Y DISPOSITIVO PARA DETERMINAR LA CALIDAD SUPERFICIAL DE MATERIALES REFLECTANTES BASADO EN ANÁLISIS DE IMAGEN**

57 Resumen:

Procedimiento y dispositivo para determinar la calidad superficial de materiales reflectantes basado en análisis de imagen.

La invención propone un método y un aparato para la medida de la luminancia y de la luminosidad de la superficie de materiales, basado en la captura de la imagen reflejada sobre esta superficie de un patrón de alto contraste y el análisis de la distribución de los niveles de grises de esta imagen registrada.

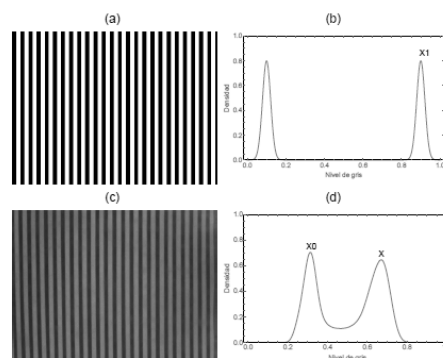


Fig. 1

ES 2 958 041 A1

DESCRIPCIÓN

PROCEDIMIENTO Y DISPOSITIVO PARA DETERMINAR LA CALIDAD
SUPERFICIAL DE MATERIALES REFLECTANTES BASADO EN ANÁLISIS DE
5 IMAGEN

SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención se contextualiza en el campo de aparatos ópticos para el control
10 de calidad de la superficie de los materiales.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La medida de las características ópticas de un objeto resulta de gran interés como
15 atestigua la cantidad de estudios y tecnología desarrollados para analizar diferentes
aspectos relacionados con la reflexión de la luz en una superficie. Apoya este interés,
la existencia de organismos internacionales, tales como la Commission Internationale
de l'Eclairage (CIE), que se encargan de la definición de la terminología, las
magnitudes físicas radiométricas y fotométricas y las normas al respecto de la luz y el
20 color de los objetos. E igualmente apoya este interés la existencia de normativa
específica para cuantificar la calidad óptica de una superficie, en las que se definen
parámetros como el brillo o el nublado (*gloss* y *haze* en terminología inglesa,
respectivamente) que dan cuenta de aspectos de caracterización de producto y control
de calidad industrial.

25 De especial relevancia para el establecimiento de las bases para el funcionamiento de
la presente invención son los documentos elaborados por la CIE (CIE 15:2018,
Colorimetry, 4th edition; CIE 130:1998, Practical methods for the measurement of
reflectance and transmission), en los que se encuentran recomendaciones sobre cómo
30 realizar las medidas de color de los objetos y su representación cuantitativa en los
denominados espacios de color. A este respecto, las recomendaciones para la medida
del color recaen típicamente en el uso de esferas integradoras en combinación con un
espectrofotómetro. Las geometrías ópticas de las medidas pueden ser variadas y
responden a destacar diferentes aspectos de la luz reflejada por una superficie.

Es igualmente relevante mencionar que en el mercado existen aparatos para cuantificar la calidad óptica de una superficie, según ciertas normas (ASTM E 430 – 19. Standard test methods for measurement of gloss of high-gloss surfaces by abridged goniophotometry; UNE-EN ISO 7668:2018. Anodización del aluminio y sus aleaciones.

5 Medición de la reflectancia especular y del brillo especular de los recubrimientos anódicos del óxido en ángulos de 20°, 45°, 60° u 85°; UNE-EN ISO 2813:2015. Pinturas y barnices. Determinación del índice de brillo especular a 20°, 60° y 85°; UNE-EN ISO 13803:2015. Pinturas y barnices. Determinación del velo especular sobre películas de pintura a 20°; UNE-EN ISO 8781-3:1996. Pigmentos y extendedores. Métodos de

10 evaluación de las características de dispersión. Parte 3: Evaluación a partir de las variaciones de brillo), que basan su principio de medida en un goniofotómetro que recoge el flujo radiante de la superficie del material bajo estudio, cuando es iluminada con una fuente luminosa bajo un cierto ángulo de incidencia, mediante un conjunto de fotorreceptores a diferentes ángulos alrededor del ángulo de reflexión especular,

15 contenidos normalmente en el plano de incidencia. Típicamente las medidas se realizan a 20°, 60° y 85°.

La presente invención describe un método sencillo para la estimación de luminancia Y, así como la luminosidad L^* , de materiales reflectantes, sin necesidad de usar una

20 esfera integradora, basado en el análisis de la imagen reflejada por la superficie del material bajo estudio, de un patrón de alto contraste y el análisis de la distribución de los niveles de grises de esta imagen registrada.

La luminancia es una magnitud física que representa la relación entre cantidad de luz

25 reflejada por una superficie y su área. Esta magnitud es proporcional al valor de triestímulo Y, definido en el documento CIE 15, y suele utilizarse como indicador adimensional de la luminancia de un objeto, en una escala de 0 a 100. Este indicador también suele denominarse valor de reflectancia de la luz o *light reflectance value* (LRV) en terminología inglesa y es de utilidad para cuantificar el contraste óptico entre

30 objetos, de cara a valorar la claridad en la percepción visual de por ejemplo señales de advertencia o de seguridad en edificios (véase la norma BS 8493:2008+A1:2010 Light reflectance value (LRV) of a surface – Method of test a este respecto).

Asimismo, la luminosidad L^* es una coordenada de color definida en el espacio de

35 color CIELab. Este espacio de color permite cuantificar el color en coordenadas con

una métrica euclídea, lo que hace que la diferencia entre dos colores sea perceptivamente lineal, de forma que un cambio de la misma cantidad en un valor de color produce un cambio visual similar. En este espacio de color, la coordenada L^* expresa la luminosidad del color, la coordenada a^* da cuenta del contenido de color entre rojo y verde, y la coordenada b^* , representa el contenido de color entre amarillo y azul. Estas coordenadas varían en una escala de 0 a 100.

El funcionamiento de la presente invención se basa en el análisis del histograma de los valores de gris de los píxeles de la imagen registrada, que corresponde a un patrón de alto contraste, reflejado en la superficie de un material reflectante del que se quiere estimar su luminancia y/o luminosidad, de ahí que no se vea afectada por los conocidos métodos de medida de reflexión óptica basados en un goniofotómetro, ni con sus aparatos asociados (brillómetros y nublómetros), así como tampoco por aquellos basados en una esfera integradora, ni sus aparatos asociados (colorímetros).

Entre las patentes que pudieran estar relacionadas con el objeto de la presente invención, se considera de cierta relevancia la patente EP3220101 A1. Esta patente se basa en un sistema en el que se usa un patrón con zonas transparentes y oscuras con un borde entre estas zonas bien definido. La luz se hace pasar a través de este patrón e incide en la superficie bajo test. La imagen se recoge con una cámara hiperespectral. Cada píxel de esta cámara tiene información del espectro de la luz que ha recibido y a partir de este espectro se determina un valor de la luminosidad L^* , como indicador del brillo de cada píxel. Al final lo que se consigue es una imagen con niveles de gris. A continuación, se establece un umbral del nivel de gris para la imagen solo contenga píxeles blancos y negros. Se aplica un algoritmo para la detección del borde de separación entre la zona blanca y negra de la imagen del patrón, y se calcula la recta de mejor ajuste. A continuación, se evalúa la distorsión del borde mediante el cálculo del alejamiento de los píxeles respecto a esta recta y se calcula la desviación estándar de estas diferencias, siendo éste es el indicador que se correlaciona con la textura de la superficie.

En esta patente hay una segunda manifestación práctica (*embodiment*) que es una variación del algoritmo para la evaluación de la distorsión del borde, que está basado en un análisis espectral aplicando la transformada de Fourier a la imagen. Según la descripción, no se usa un patrón de Ronchi, ni la evaluación de la textura se basa en

los niveles de gris de una imagen, sino en lo más o menos distorsionado que está el borde de la imagen de un patrón con un *edge-element*, es decir, con un borde bien definido. Por lo que a nuestro entender este documento no afecta las reivindicaciones de la presente invención.

5

Es destacable que en la patente EP3220101 A1 se incluye una ilustración en la Figura 7 que, si bien comparte similitudes con las Figuras 1 y 3 de la presente invención, ésta no representa a la invención que desean proteger, sino a una configuración de un instrumento comercial, conocido como medidor de claridad, o *clarity meter* en terminología inglesa, y que ponen como ejemplo comparativo 1 para demostrar el mejor funcionamiento de su invención en comparación con éste. Además, en la descripción del funcionamiento del medidor de claridad, se indica que el patrón de bandas oscuras (*shielded*) y transparentes, en la forma de un filtro óptico neutro variable, no se proyecta sobre la superficie bajo test, sino que se desplaza delante de un fotodetector para modular la luz reflejada sobre la superficie y así obtener una señal sinusoidal a partir de la que calculan el indicador de claridad según la fórmula (1) de este documento. Se destaca esto, para evitar cualquier confusión a la vista simplemente de las ilustraciones.

20 Por otro lado, la patente EP 0528925 B1 basa la evaluación de la textura en la distorsión de la imagen de un patrón de puntos próximos bien definidos reflejado en la superficie bajo test y el conteo del número de puntos que pueden resolverse en esta imagen. A mayor distorsión en la imagen, los puntos se confunden unos con otros y resulta más difícil resolverlos y por tanto contarlos. A nuestro entender esta patente no afecta a la actividad inventiva de la presente invención.

30 Por último, la patente US 5155558 basa la evaluación del aspecto de una superficie en el análisis espectral de las imágenes registradas con una cámara. En esta invención no se usa ningún patrón. La fuente luminosa es coherente y está filtrada espacialmente para garantizar que cualquier defecto en la imagen proviene en exclusiva de la superficie bajo test. La evaluación del aspecto de la superficie se correlaciona con las características del espectro de densidad de potencia, que se calcula a partir de la transformada de Fourier de la imagen registrada. A nuestro entender esta patente no afecta a la actividad inventiva de la presente invención.

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

La invención propuesta surge como una necesidad al desarrollo de metodologías ópticas para identificar y caracterizar las variables que conducen a la aparición de un defecto conocido como efecto niebla o nublado, en algunas partidas de acero inoxidable. Este efecto se manifiesta como una pérdida en la intensidad de la reflexión, especialmente al observar el reflejo de objetos oscuros y a ángulos de observación alejados de la normal, que da a este material brillante un aspecto blanquecino.

El efecto anterior también ocurre en otros materiales reflectantes, por lo que es igualmente válido para otros tipos de materiales reflectantes, además del acero inoxidable.

La presente invención se refiere, por tanto, a un procedimiento óptico, sensible al fenómeno de nublado, que permite llevar a cabo la inspección de la calidad superficial de materiales reflectantes, de forma objetiva e in-situ en su proceso de fabricación. Este procedimiento se basa en un método simple para la medida de la luminancia y la luminosidad del material a analizar.

La invención se refiere además a un dispositivo que permite llevar a cabo el procedimiento objeto de la invención.

El procedimiento objeto de la invención se sustenta en las siguientes evidencias experimentales:

1.- La imagen registrada de un patrón de alto contraste formado por zonas blancas y negras, iluminado con luz blanca, produce una imagen con un histograma del valor de luminosidad o del nivel de gris de sus píxeles, con dos bandas agudas bien diferenciadas.

2.- La imagen de este patrón reflejada sobre la superficie de un material se verá afectada por la rugosidad y las propiedades ópticas de este material, modificando por tanto el histograma de los valores de luminosidad de los píxeles de la imagen registrada.

3.- La presencia de rugosidad en la superficie del material bajo estudio aumenta el esparcimiento de la luz reflejada, afectando al contraste de la imagen registrada, lo que se traduce en un desplazamiento y ensanchamiento de las bandas correspondientes a las zonas blancas y negras del histograma de los valores de luminosidad de los píxeles.

4.- La presencia de capas dieléctricas que contribuyan al esparcimiento subsuperficial de la luz, potencia el efecto producido por la rugosidad sobre el histograma de los valores de nivel de gris de los píxeles de la imagen registrada.

5.- El valor de la luminancia, Y , y de la luminosidad, L^* , es proporcional a factores numéricos que pueden ser calculados a partir de las posiciones de las bandas del histograma de niveles de píxeles, como han comprobado los autores sobre un estudio sistemático realizado con aceros inoxidables AISI 430 BA.

Es sobre la base de las anteriores evidencias, sobre las que se propone el procedimiento objeto de la invención, basado en un método para la medida de la luminancia, Y , y de la luminosidad, L^* de materiales reflectantes, así como un aparato que permita el desarrollo del procedimiento, basado en este método.

Una realización preferida del procedimiento objeto de la invención se basa en la medida de la luminosidad de aceros inoxidables con acabado brillante, para discriminar la calidad óptica de los acabados superficiales, empleando como indicador la distribución de frecuencias de la señal óptica registrada.

Estos materiales pueden presentar efectos de nublado en su reflexión óptica, que se caracteriza por un aumento en el valor de la luminosidad, calculado a partir de la componente difusa de la reflexión, debido al esparcimiento de la luz por la rugosidad y las características metalúrgicas de la superficie.

El dispositivo mediante el cual es posible realizar el procedimiento objeto de la invención debe contener:

- Un patrón de alto contraste.
- Una fuente luminosa que al incidir sobre el patrón refleje su imagen sobre la superficie del material a analizar.

- Un elemento para la captación de la imagen.
- Un elemento para el registro y análisis de la imagen captada.

Mediante el dispositivo descrito, se analiza la distribución de los valores de nivel de gris de los píxeles de la imagen registrada, se determina la posición de estas bandas, x_0 y x_1 , y se calcularía el factor $(x_1 - x_0)/x_0$ como indicador de la luminosidad de la componente difusa de la reflexión de esta superficie.

En una realización particular del dispositivo cabría usar como elemento de captación de la imagen una cámara a color. En tal caso se haría un procesado de la imagen a color para convertirla en blanco y negro, obteniendo los valores del nivel de gris de cada píxel como la media de las coordenadas de color en el espacio de color RGB de ese píxel.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

FIGURA 1. Ilustración del efecto sobre el histograma de niveles de gris de los píxeles de las imágenes correspondientes a un patrón de alto contraste tipo Ronchi.

En ella se muestra:

- La imagen directa (a) y su histograma correspondiente (b).
- La imagen del patrón reflejado en la superficie de una muestra de chapa de acero inoxidable AISI 430 BA (c) y su histograma correspondiente (d).

FIGURA 2. Representación gráfica de la dependencia entre los valores:

(a) De la luminancia Y , determinada a partir de la componente difusa de la reflexión óptica medida con una esfera integradora instalada en un espectrofotómetro, y el factor $((x_1 - x_0)/x_0)^{1/2}$,

(b) De la luminosidad L^* , determinada a partir de la componente difusa de la reflexión óptica medida con una esfera integradora instalada en un espectrofotómetro, y el factor $(x_1 - x_0)/x_0$,

(c) De la luminosidad L^* determinada a partir de la componente especular de la reflexión óptica medida con un espectrofotómetro y el factor $x_1(x_1 - x_0)$ (c), calculados a partir de las posiciones de las bandas del histograma de valores de grises de las imágenes reflejadas en un conjunto de muestras de acero inoxidable AISI 430 BA de un patrón de Ronchi, usando LEDs como fuente luminosa.

FIGURA 3. Esquema donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado una configuración del dispositivo para la medida de la luminancia, Y , y de la luminosidad, L^* , de materiales reflectantes, necesario para el desarrollo del procedimiento objeto de la invención.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

A continuación, se expone de manera detallada, el modo de realización de la invención que se basa en la medida de la luminosidad, calculado a partir de la componente difusa de la reflexión, debido al esparcimiento de la luz por la rugosidad y las características metalúrgicas de la superficie, empleando como indicador la distribución de frecuencias de la señal óptica registrada.

Según se muestra en la figura 3, un dispositivo mediante el cual es posible realizar el procedimiento objeto de la invención debe contener:

- Un patrón de alto contraste de bandas blancas y negras, tipo Ronchi (2). Para su correcto funcionamiento, este patrón debe estar orientado de modo que la normal al plano que contiene a la superficie de este patrón subtienda 30° con respecto a la normal al plano de la superficie del material a analizar.
- Una fuente luminosa (6), que al incidir sobre el patrón refleje su imagen sobre la superficie del material a analizar. La fuente luminosa empleada para las pruebas del dispositivo fueron de tipo LED.
- Un elemento para la captación de la imagen (3), que consiste en una cámara de video monocromática, cuyo eje óptico debe estar orientado formando 30° con la normal a la superficie del material a analizar, de tal forma que su plano focal coincida con el plano de la superficie del patrón.
- Un elemento para el registro y análisis de la imagen captada (4).

Mediante el dispositivo descrito, se analiza la distribución de los valores de nivel de gris de los píxeles de la imagen registrada, se determina la posición de estas bandas, x_0 y x_1 , y se calcularía el factor $(x_1 - x_0)/x_0$ como indicador de la luminosidad de la componente difusa de la reflexión de esta superficie.

En caso de que se sustituya la cámara monocromática por una cámara a color, como

elemento de captación de la imagen sería necesario una etapa adicional del procedimiento, consistente en el procesado de la imagen a color para convertirla en blanco y negro, obteniendo los valores del nivel de gris de cada píxel como la media de las coordenadas de color en el espacio de color RGB de ese píxel, es decir, $1/3(R + G + B)$.

5

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para determinar la calidad superficial de materiales reflectantes basado en el análisis de su imagen, caracterizado por que se basa en la medida de la luminancia, Y , y de la luminosidad, L^* , de un material, a partir del análisis de la distribución de las frecuencias (histograma) de los valores de gris de la imagen previamente registrada, de un patrón de alto contraste reflejado en su superficie.
2. Procedimiento, según reivindicación 1, caracterizado por que se basa en la medida del valor de la luminosidad a partir de la componente difusa de la reflexión, debida al esparcimiento de la luz por la rugosidad y las características metalúrgicas de la superficie del material a analizar.
3. Procedimiento, según reivindicación 1, caracterizada por que se basa en determinar la posición de las bandas, x_0 y x_1 , y calcular el factor $(x_1 - x_0)/x_0$ como indicador de la luminosidad de la componente difusa de la reflexión de esta superficie.
4. Dispositivo para la realización del procedimiento, según reivindicaciones anteriores, que comprende:
 - Un patrón de alto contraste de bandas blancas y negras, tipo Ronchi, orientado de forma que la normal al plano que contiene a la superficie de este patrón subtende 30° con respecto a la normal al plano de la superficie del material a analizar.
 - Una fuente luminosa que al incidir sobre el patrón refleje su imagen sobre la superficie del material a analizar.
 - Un elemento para la captación de la imagen, orientado de manera que su eje óptico forme 30° con la normal a la superficie del material a analizar, de tal forma que su plano focal coincida con el plano de la superficie del patrón.
 - Un elemento para el registro y análisis de la imagen captada.
5. Dispositivo, según reivindicación 4, donde el elemento de captación de imagen es una cámara de vídeo monocromática.

6. Uso del procedimiento y dispositivo descritos en reivindicaciones anteriores para la inspección de la calidad superficial de materiales reflectantes durante su proceso de fabricación.
- 5 7. Uso del procedimiento y dispositivo descritos en reivindicaciones anteriores para la inspección de la calidad superficial de aceros inoxidables durante su proceso de fabricación.
- 10 8. Uso del procedimiento y dispositivo descritos en reivindicaciones anteriores para identificar y caracterizar las variables que conducen a la aparición del efecto de nublado durante el proceso de fabricación de acero inoxidable.

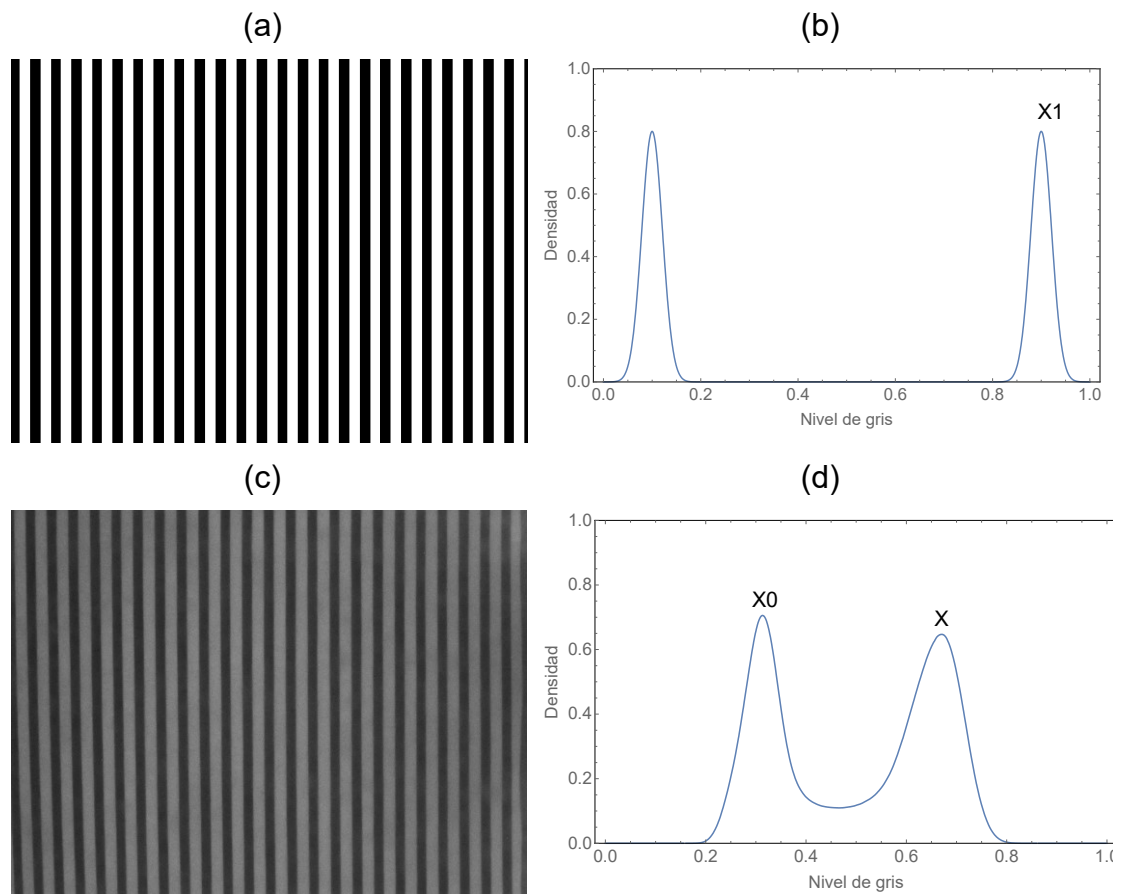


Fig. 1

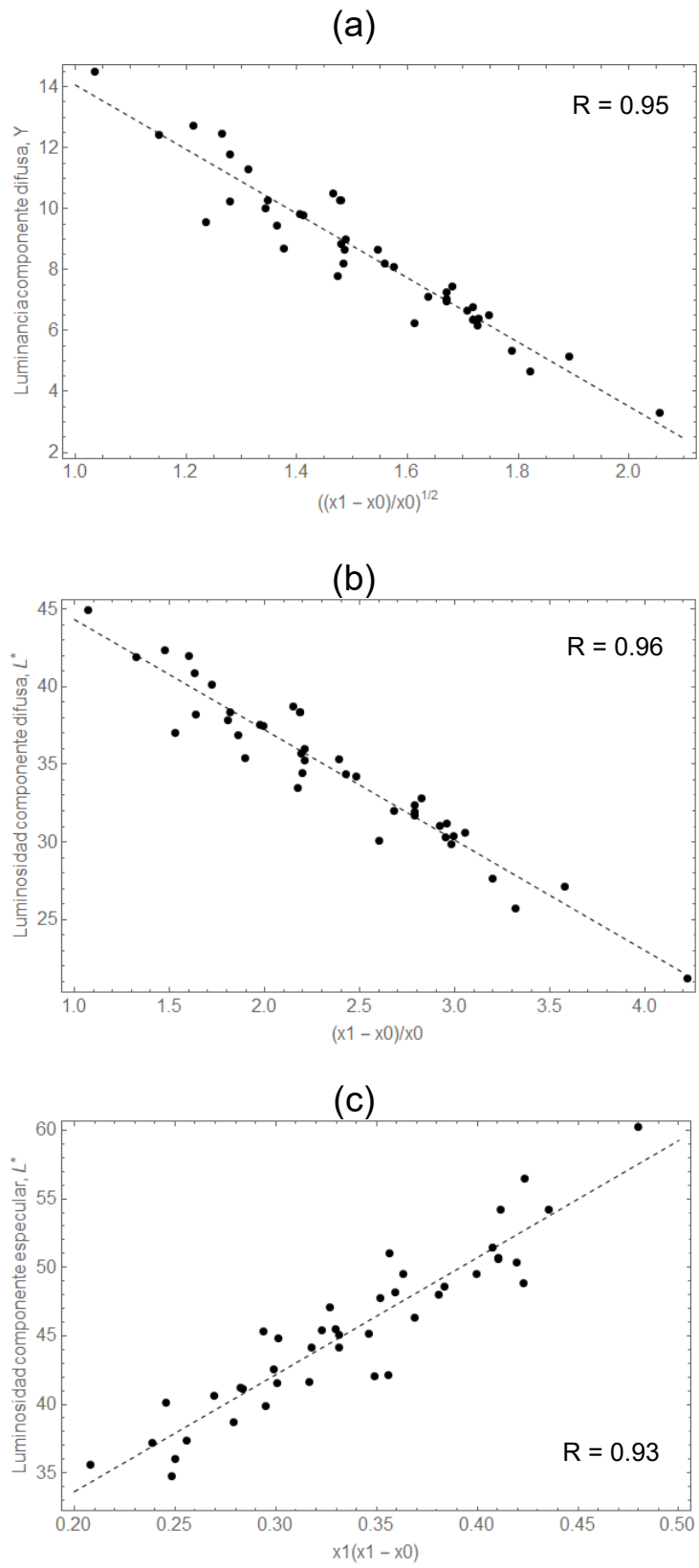


Fig. 2

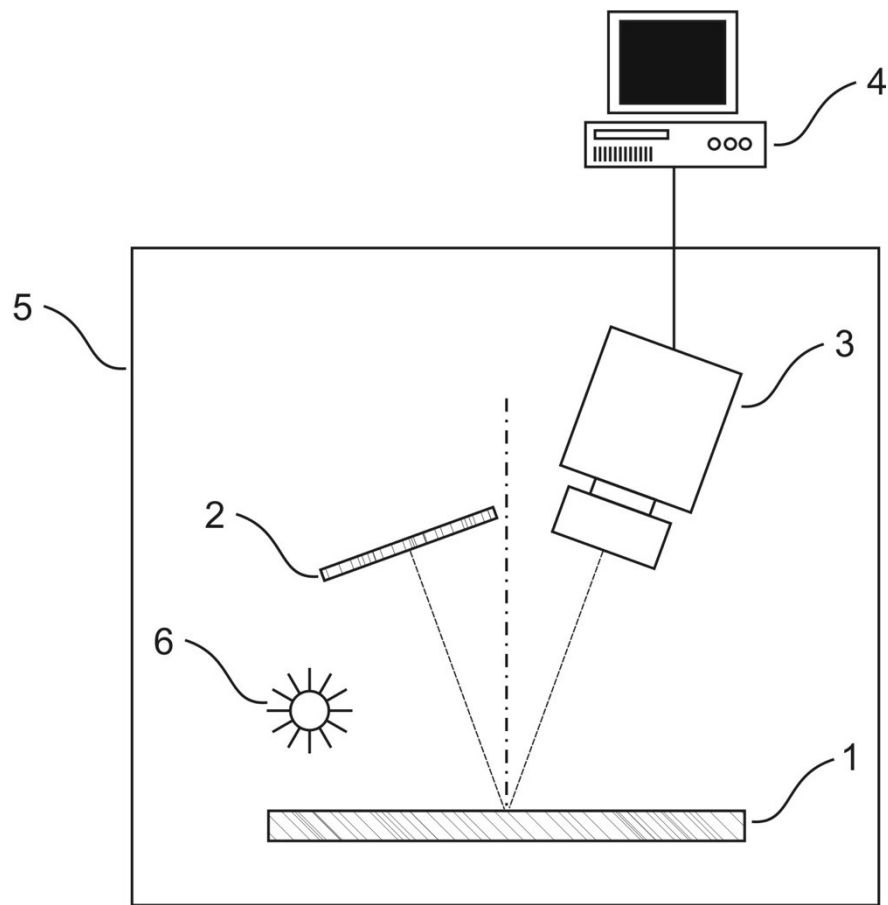


Fig. 3



- ②① N.º solicitud: 202230599
②② Fecha de presentación de la solicitud: 01.07.2022
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
Y	US 4878114 A (HUYNH VAN-MINH et al.) 31/10/1989, figura 2; columna 3; columna 4, líneas 11 - 19.	1-8
Y	US 5726705 A (IMANISHI MASANORI et al.) 10/03/1998, figuras 23 - 24; columna 11, líneas 16 - 67; columna 12, líneas 1 - 8.	1-8
A	KEYENCE CORP. Customizable Vision System with Line Scan Camera Support. Catalog, 2019 [en línea][recuperado el 17/02/2023]. Recuperado de Internet <URL: https://web.archive.org/web/20211025162715/https://www.keyence.com/download/download/confirmation/?dlAssetId=AS_94283&dlSeriesId=WS_SR57342 >.	1-8
A	WO 2014181625 A1 (TOYOTA JIDOSHOKKI KK) 13/11/2014, Resumen; figura 1a, 1b.	4-5
A	US 2012133761 A1 (CHO GYOUNG IL et al.) 31/05/2012, Resumen: figura 4a.	4-5
A	WIKIPEDIA. Wikipedia Haze ASTM E430, 06/05/2021 [en línea] [recuperado el 17/02/2023]. Recuperado de Internet <URL: https://web.archive.org/web/20210506174135/https://en.wikipedia.org/wiki/Haze_(optics)#ASTM_E430_[1] >.	4

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
20.02.2023

Examinador
F. Armero Abad

Página
1/2

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

G01N21/55 (2014.01)**G01N21/47** (2006.01)**G01N21/57** (2006.01)

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

G01N

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

INVENES, EPODOC