

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 911 798**

51 Int. Cl.:

**G06K 9/00**

(2012.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.06.2015 PCT/EP2015/062195**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.12.2015 WO15185522**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.06.2015 E 15726147 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.04.2022 EP 3149655**

54 Título: **Procedimiento de validación de la autenticidad de un elemento del cuerpo humano**

30 Prioridad:

**02.06.2014 FR 1454984**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la  
traducción de la patente:

**20.05.2022**

73 Titular/es:

**IDEMIA IDENTITY & SECURITY FRANCE (100.0%)  
2, Place Samuel de Champlain  
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**PICARD, SYLVAIN y  
KETCHANTANG, WILLIAM**

74 Agente/Representante:

**DEL VALLE VALIENTE, Sonia**

ES 2 911 798 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento de validación de la autenticidad de un elemento del cuerpo humano

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la validación de que un objeto es un elemento del cuerpo humano, así como a un dispositivo de validación configurado para poner en práctica un procedimiento de este tipo y a un procedimiento de calibración de un dispositivo de validación de este tipo.

10 La autenticación por huellas dactilares o por la red venosa es una de las técnicas usadas para la autenticación biométrica. Se adquiere una imagen de un dedo iluminado y se analiza para identificar a un individuo. No obstante, es posible usar señuelos, dedos falsos que reproducen las características en las que se basa el análisis de la imagen, como, por ejemplo, las huellas dactilares o la red venosa del dedo.

15 En el caso de una identificación basada en el reconocimiento de la red venosa, la adquisición de las imágenes de venas de un dedo se realiza por medio de una iluminación con infrarrojos y de una cámara sensible al infrarrojo. En efecto, las venas del dedo absorben más la iluminación infrarroja que los otros tejidos subcutáneos. En este caso, un señuelo presentado al sensor de adquisición de venas para engañar al dispositivo de adquisición solo necesita presentar las propiedades correctas de absorción en el infrarrojo.

20 Por tanto, es necesario prever además un procedimiento de validación para validar que el objeto analizado es realmente un elemento del cuerpo humano, la mayoría de las veces un dedo, pero puede tratarse de la mano en su conjunto o de otra parte del cuerpo.

25 Se han propuesto diferentes procedimientos de validación, recurriendo, en general, a diversas propiedades de un dedo vivo más o menos difíciles de reproducir. Entre estas soluciones, algunas tienen como objetivo demostrar la aparición y la desaparición de las redes venosas en función de la presión ejercida por el dedo. Por ejemplo, la solicitud US-2011/0129128 A1 describe el uso de sensores de presión usados para detectar una desaparición de venas tras apoyar fuertemente.

30 Otras soluciones tienen como objetivo localizar las venas mediante un sistema interferométrico. Por ejemplo, la solicitud EP 2328111 A1 usa un sistema de interferometría óptica para analizar la onda luminosa incidente y la onda difundida por los tejidos subcutáneos, con el fin de deducir a partir de las mismas la profundidad de las venas y la diferencia de frecuencia entre las dos ondas característica del medio cutáneo.

35 No obstante, además de la eficacia variable de estos procedimientos, generalmente necesitan dispositivos complejos, costosos y voluminosos. Además, algunas veces requieren un uso específico, tal como, por ejemplo, una determinada presión del dedo, y la calidad de la autenticación también depende entonces del comportamiento del usuario. Por último, estas soluciones son con frecuencia difíciles de implementar en los sistemas existentes.

40 Documentos tales como la solicitud US-2005/205667 A1 prevén, para cada una de una pluralidad de longitudes de onda, iluminar la piel de un dedo y adquirir una imagen del dedo iluminada a esa longitud de onda. Las imágenes así adquiridas se comparan individualmente con características previstas de un dedo auténtico para esa longitud de onda. El uso de varias imágenes, cada una con una iluminación a una longitud de onda particular, permite poner de  
45 manifiesto características del comportamiento propio de un dedo auténtico para cada longitud de onda. Se trata de determinar un perfil espectral y compararlo con el perfil espectral previsto para un dedo auténtico. Ahora bien, el comportamiento de un dedo auténtico puede variar en función del dedo (piel fina o gruesa, etc.) y de las condiciones de adquisición de las imágenes (piel seca o húmeda, limpieza, etc.). De ello resulta que el margen de tolerancia relativo a las desviaciones con respecto al comportamiento previsto debe ser amplio, reduciendo, por tanto, la eficacia de la  
50 detección de falsificaciones.

**Presentación de la invención**

55 La invención tiene como objetivo remediar al menos parcialmente estos inconvenientes y preferiblemente todos, y tiene concretamente como objetivo proponer un procedimiento de validación sin inconvenientes para el usuario, fácil de poner en práctica y que no necesite un dispositivo complejo.

Para ello, se propone un procedimiento para la validación de que un objeto es un elemento del cuerpo humano tal como se indica en la reivindicación 1

60 La invención también se refiere a un producto de programa informático según la reivindicación 14.

La invención también se refiere a un dispositivo de validación configurado para poner en práctica un procedimiento de validación según la invención, estando dicho dispositivo de validación definido por la  
65 reivindicación 12.

La invención también se refiere a un procedimiento de calibración de un dispositivo de validación según la invención, definido por la reivindicación 13.

### Presentación de las figuras

La invención se comprenderá mejor gracias a la siguiente descripción, que se refiere a realizaciones y a variantes según la presente invención, facilitadas a modo de ejemplos no limitativos y explicadas con referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos, en los que:

- la figura 1 es un esquema que ilustra un dispositivo de validación según una posible realización de la invención,
- la figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra etapas del procedimiento de validación según una realización posible de la invención,
- la figura 3 es un diagrama esquemático que ilustra etapas del procedimiento de calibración según una posible realización de la invención;
- la figura 4 es un ejemplo de distribución espacial de la intensidad luminosa de la segunda fuente luminosa que se ha cuantificado según 4 niveles de peso.

### Descripción detallada

En la siguiente descripción, el elemento del cuerpo humano en cuestión es un dedo y, por tanto, el objeto es o bien un dedo auténtico o bien una falsificación que imita un dedo, lo cual corresponde a una aplicación habitual de la invención.

Con referencia a la figura 1, un dispositivo de validación según una realización de la invención consta al menos de una primera fuente luminosa 1 que emite en dirección al dedo 5 luz en un primer intervalo de longitudes de onda y de al menos una segunda fuente luminosa 2 que emite en dirección al dedo 5 luz en un segundo intervalo de longitudes de onda cuyas longitudes de onda son inferiores a las del primer intervalo. Por tanto, la segunda fuente luminosa emite luz a longitudes de onda inferiores a las de la primera fuente luminosa.

La primera y la segunda fuente luminosa 2 pueden estar constituidas por uno o varios diodos electroluminiscentes u otras fuentes de luz y están agrupadas por la longitud de onda de su iluminación. En el ejemplo ilustrado, se usa un soporte 7, por ejemplo, un prisma transparente, para apoyar el dedo encima.

El primer intervalo de longitudes de onda está preferiblemente en el infrarrojo, mientras que el segundo intervalo de longitudes de onda corresponde a un espectro visible. El primer intervalo de longitud de onda corresponde preferiblemente al infrarrojo cercano, es decir, de 700 nm a 900 nm, mientras que el segundo intervalo de longitudes de onda puede variar de 400 nm a 700 nm. La primera fuente luminosa 1 emite luz en el infrarrojo de manera que la luz emitida por dicha primera fuente luminosa 1 se difunde principalmente en un elemento del cuerpo humano auténtico. La segunda fuente luminosa 2 emite luz en el espectro visible de manera que la luz emitida por dicha segunda fuente luminosa 2 sea reflejada principalmente por un elemento del cuerpo humano auténtico. Preferiblemente, las longitudes de onda de la primera fuente luminosa 1 y las de la segunda fuente luminosa 2 están separadas por al menos 200 nm. Por ejemplo, el primer intervalo de longitudes de onda está comprendido entre 780 nm y 900 nm, y el segundo intervalo de longitudes de onda está comprendido entre 435 nm y 550 nm.

Es posible prever una segunda fuente luminosa 2 adicional, con longitudes de onda correspondientes a un color distinto al de la primera segunda fuente luminosa 2, pero siempre en el espectro visible. Por ejemplo, es posible prever una segunda fuente luminosa 2 que emite en el azul, es decir entre 435 y 500 nm, mientras que otra segunda fuente luminosa 2 emite en el verde, es decir de 500 a 550 nm. La siguiente descripción se realizará en el caso de una única segunda fuente luminosa 2 que emite en el verde por motivos de simplicidad.

El dispositivo de validación también comprende un sensor 3 de imagen sensible a un rango de longitud de onda que cubre al menos parcialmente el primer intervalo de longitudes de onda y el segundo intervalo de longitud de onda, configurado para adquirir una imagen del objeto presentado al dispositivo, normalmente un dedo. El sensor 3 de imagen es un sensor fotográfico, un componente electrónico fotosensible que sirve para convertir una radiación electromagnética en una señal eléctrica analógica. Por ejemplo, se trata de un sensor de color CCD o similar. Puede preverse un espejo 6 para redirigir la luz en dirección al sensor 3 de imagen.

Un sensor de color de este tipo registra una imagen del objeto con valores asociados, para cada píxel, a componentes de color. Normalmente, estos componentes de color son el rojo, el verde y el azul, de ahí la denominación habitual de RVA (o RGB en inglés). Por tanto, a cada píxel  $x$  de la imagen están asociados tres valores ( $x_r$ ,  $x_v$ ,  $x_a$ ) característicos de la intensidad luminosa en el componente, respectivamente, rojo, verde y azul.

Una matriz de filtros de color habitualmente usada es el filtro de Bayer, una matriz compuesta por filtros de color rojo, verde y azul, colocada delante del sensor fotográfico que registra entonces las intensidades luminosas detrás de cada uno de los filtros de la matriz, lo que permite asociar un valor a un componente coloreado. En el ejemplo de las imágenes de 24 bits que se usará en este caso, cada uno de los tres componentes están codificados en 8 bits y, por tanto, su valor se extiende de 0 a 255. Pueden usarse otros formatos, tanto en cuanto al color como en cuanto a la codificación de los valores.

La primera fuente luminosa 1 está configurada para que la luz emitida por dicha primera fuente luminosa 1 y que alcanza el sensor de imagen procedente de 1 haya penetrado lo suficiente en un dedo 5 eventual como para contener una señal significativa procedente de las venas de dicho dedo. Dicho de otro modo, la iluminación del objeto por la primera fuente luminosa 1 está configurada para hacer que aparezca la red venosa del interior de un elemento del cuerpo humano auténtico en la imagen adquirida por el sensor 3 de imagen.

Para ello, la primera fuente luminosa 1 puede estar dispuesta de manera que no se ilumina la superficie del objeto del que se obtienen las imágenes adquiridas por el sensor 3 de imagen. Por ejemplo, cuando el sensor 3 de imagen está situado bajo el objeto, la primera fuente luminosa 1 ilumina el lado o la parte superior del objeto. También es posible que la primera fuente luminosa 1 ilumine el objeto del mismo lado que la superficie de la que se obtienen imágenes, pero fuera del campo de adquisición del sensor 3 de imagen. De manera más general, se configura la primera fuente luminosa 1 para que la luz emitida por la misma incida en el objeto fuera del campo de adquisición del sensor 3 de imagen, es decir, que la primera fuente luminosa 1 no ilumine la superficie de la que se obtienen imágenes del objeto.

La segunda fuente luminosa 2 está configurada para que la luz emitida por la misma incida en el objeto en el campo de adquisición del sensor 3 de imagen, es decir que la segunda fuente luminosa 2 ilumine la superficie de la que se obtienen imágenes del objeto que son adquiridas por el sensor 3 de imagen.

También puede usarse un primer polarizador dispuesto en el trayecto luminoso entre la primera fuente luminosa 1 y el objeto, siendo dicho primer polarizador un polarizador rectilíneo con un eje de polarización en una primera dirección, y un segundo polarizador rectilíneo al nivel del sensor 3 de imagen, con un eje de polarización en una segunda dirección ortogonal a la primera dirección. Por tanto, la luz captada por el sensor 3 de imagen está polarizada por el segundo polarizador. La ortogonalidad de las direcciones de los ejes de polarización permite evitar que la luz emitida por la primera fuente luminosa 1 reflejada por el objeto sin haberse difundido en el mismo sea captada por el sensor 3 de imagen. Por el contrario, no hay ningún polarizador rectilíneo con un eje de polarización en la primera dirección en el trayecto luminoso entre la segunda fuente luminosa 2 y el objeto: la luz emitida por la segunda fuente luminosa 2 no se polariza en la primera dirección. Preferiblemente, no hay ningún polarizador en el trayecto luminoso entre la segunda fuente luminosa 2 y el objeto: la luz emitida por la segunda fuente luminosa 2 no se polariza.

El dispositivo de validación además comprende una unidad 4 de procesamiento configurada para poner en práctica un procesamiento de validación en función de comparaciones entre los valores del segundo componente de los píxeles y los valores del primer componente de los píxeles en una zona de interés de la imagen, con el fin de poder validar que el objeto corresponde a un elemento del cuerpo humano, en este caso el dedo 5. Esta unidad 4 de procesamiento es normalmente un ordenador dotado de un procesador y de una memoria.

A diferencia de muchos materiales, los tejidos subcutáneos de un dedo tienen características tales que difunden la luz infrarroja más de lo que reflejan la luz de longitud de onda más baja, como el verde o el azul, a diferencia de muchos dedos falsos. Por tanto, se propone aprovechar este fenómeno para caracterizar los dedos vivos con el fin de distinguirlos de falsificaciones.

Con referencia a la figura 2, el procedimiento de validación comprende una etapa S12 a lo largo de la cual se ilumina el objeto mediante la primera fuente luminosa 1 y mediante la segunda fuente luminosa 2 durante un tiempo de exposición.

El tiempo de exposición se determina previamente mediante una etapa S11 a lo largo de la cual se ilumina el dedo únicamente mediante la primera fuente luminosa S1). El tiempo de exposición corresponde al tiempo necesario para que el nivel medio de exposición a la luz del sensor de imagen alcance un valor predeterminado. Por ejemplo, en el caso de valores en 8 bits, el valor medio predeterminado es un nivel de gris medio de 128. En función de las personas, la difusión de la luz infrarroja en el dedo varía, concretamente en función del grosor de la piel, y, por tanto, el tiempo de exposición de la cámara a la iluminación infrarroja también varía según los dedos. Esta determinación del tiempo de exposición presenta la ventaja de poder adaptar la duración de iluminación posterior al grosor de la piel del dedo, por tanto, es posible, independientemente del grosor de los dedos, revelar la red venosa en el interior del dedo, constituida por la hemoglobina desoxigenada que absorbe la iluminación infrarroja usada.

Además, este tiempo de exposición puede usarse para validar o no la autenticidad del dedo, ya que un señuelo necesita generalmente un tiempo de exposición sustancialmente diferente del necesario para un dedo humano. Un tiempo de exposición que se desvía demasiado de un intervalo de aceptabilidad significa entonces que el objeto presentado no es un dedo auténtico.

Como alternativa, la potencia de la primera fuente luminosa puede determinarse previamente mediante una etapa a lo largo de la cual se ilumina el objeto 5 únicamente mediante la primera fuente luminosa 1 durante un tiempo de exposición determinado, correspondiendo dicha potencia a la potencia necesaria para que el nivel medio de exposición del sensor de imagen a la luz alcance un valor predeterminado. El procesamiento de validación también puede ser en función de la potencia de la primera fuente luminosa así determinada, de manera similar al tiempo de exposición.

Las potencias luminosas de iluminación respectivas de la primera fuente luminosa 1 y de la segunda fuente luminosa 2 se calibran para que el primer componente de color y el segundo componente de color estén estadísticamente equilibrados para un elemento del cuerpo humano auténtico;

A continuación, el sensor 3 de imagen adquiere (etapa S13) una imagen del objeto iluminado. Se trata de una imagen en color, estando los píxeles de dicha imagen asociados al menos a dos valores característicos de un primer componente de color y de un segundo componente de color, respectivamente, correspondiendo dicho segundo componente al menos a una longitud de onda del segundo intervalo de longitudes de onda. En el siguiente ejemplo, el primer componente de color es el rojo, mientras que el segundo componente de color es el verde. Tal como se ha indicado anteriormente, los componentes de una imagen de color son normalmente el rojo, el verde y el azul, y el segundo componente también podría ser el azul.

Se pone en práctica un procesamiento de validación en esta imagen (etapa S 14). Este procesamiento de validación es en función de comparaciones entre los valores del segundo componente de los píxeles de una zona de interés de la imagen y los valores del primer componente de dichos píxeles.

Específicamente, el procesamiento de validación comprende el cálculo de un parámetro de reflexión  $\beta$  que es en función de la suma de los valores del segundo componente de los píxeles de la zona de interés cuyo primer componente es inferior al valor del segundo componente por un valor predeterminado. Preferiblemente, esta suma se pondera mediante la inversa de un peso predeterminado en función de una distribución de la intensidad luminosa de la segunda fuente luminosa.

Una posible formulación para la determinación del parámetro de reflexión  $\beta$  es la siguiente:

$$\beta = \frac{1}{N_{ROI}} \sum_{x \in ROI} \frac{x_v \cdot H(x_v - (x_r + \varepsilon))}{\omega_x}$$

siendo H la función de Heaviside,  $N_{ROI}$  el número total de píxeles x de la zona de interés ROI,  $x_r$  el valor del primer componente del píxel x,  $x_v$  el valor del segundo componente del píxel x,  $\varepsilon$  una constante de umbral, y  $\omega_x$  el valor del peso predeterminado asociado a la distribución espacial de la intensidad luminosa de la segunda fuente luminosa 2 para el píxel x.

La constante de umbral  $\varepsilon$  se elige de manera que se obtiene un resultado menos sensible al ruido y es, por ejemplo, de al menos 5 en un intervalo de valores de 0-255 (codificación de 8 bits). En el ejemplo, el primer componente de color es el rojo, de ahí el índice r, y el segundo componente es el verde, de ahí el índice v.

Cuando el segundo componente de un píxel, es decir,  $x_v$ , no es tenido en cuenta por el parámetro de reflexión  $\beta$ , esto significa que este no es preponderante con respecto a su primer componente, es decir,  $x_r$ . Por consiguiente, esto indica que la difusión de la luz procedente de la primera fuente luminosa 1 es preponderante con respecto a la reflexión de la luz procedente de la segunda fuente luminosa 2. Por el contrario, cuando el segundo componente de un píxel, es decir,  $x_v$ , es tenido en cuenta por el parámetro de reflexión  $\beta$ , esto significa que es preponderante con respecto a su primer componente, es decir,  $x_r$ . Por consiguiente, esto indica que la reflexión de la luz procedente de la segunda fuente luminosa 2 es preponderante con respecto a la difusión de la luz procedente de la primera fuente luminosa 1.

Cuando la potencia de la segunda fuente luminosa 2 se calibra correctamente con respecto a la potencia de la primera fuente luminosa 1, con un tiempo de exposición adecuado, un dedo real generalmente presenta un fenómeno de difusión de la luz emitida por la primera fuente luminosa 1 que es preponderante, es decir, un parámetro de reflexión  $\beta$  bajo. Por el contrario, un señuelo generalmente presenta un fenómeno de reflexión de la luz emitida por la segunda fuente luminosa 2 que es preponderante, es decir, un parámetro de reflexión  $\beta$  alto.

Por consiguiente, en función del valor adoptado por el parámetro de reflexión  $\beta$ , es posible validar o no la autenticidad del dedo. Por ejemplo, puede determinarse un umbral de aceptabilidad para el parámetro de reflexión  $\beta$ , por ejemplo, a partir de una base de aprendizaje de dedos verdaderos y de señuelos, por encima del cual se considera que el dedo no es auténtico y por debajo del cual se considera que el dedo es auténtico.

Este procesamiento de validación también puede tener en cuenta el tiempo de exposición, tal como se ha indicado anteriormente, para validar o no la autenticidad. Entonces se tiene una medida consolidada constituida por el par de parámetro de reflexión - tiempo de exposición, que permite distinguir aún mejor los señuelos de los dedos reales.

En la fórmula del parámetro de reflexión  $\beta$ , se constata una ponderación por el nivel de iluminación del píxel por el segundo componente en ausencia del objeto. Tal como se ha indicado anteriormente, esta distribución espacial de la intensidad luminosa de la segunda fuente luminosa 2 cuantificada en varios niveles de peso está predeterminada. Se trata, de hecho, de una característica del dispositivo de validación usado. De hecho, la iluminación del objeto mediante la segunda fuente luminosa no es uniforme, y la determinación de la distribución espacial de la intensidad luminosa de la segunda fuente luminosa 2 permite poner en práctica el término correctivo  $\omega_x$  con el fin de compensar esta falta de homogeneidad.

Para determinar esta distribución espacial de la intensidad luminosa de la segunda fuente luminosa 2, se coloca un patrón de prueba blanco correspondiente a un papel blanco sobre la superficie del soporte 7, y se ilumina solo mediante la segunda fuente luminosa 2. El sensor 3 de imagen adquiere una imagen de este patrón de prueba iluminado, en una forma representativa de la intensidad de la iluminación mediante la segunda fuente luminosa 2, tal como, por ejemplo, una imagen en escala de grises del segundo componente de color, como el verde.

Esta imagen se divide en varias zonas mediante una determinación de umbrales de las escalas de grises, estando cada una de las zonas asociada a un valor adoptado por los píxeles de dicha zona. Este valor corresponde al peso de la intensidad de la iluminación de la segunda fuente luminosa en dicha zona. No obstante, es preferible tener las relaciones entre los pesos de la intensidad de la iluminación de la segunda fuente luminosa de dichas zonas que corresponden a las relaciones de las intensidades medias de los píxeles en dichas zonas. De modo que se pueda seguir siendo fiel a la distribución espacial de la intensidad luminosa de la segunda fuente luminosa. Por ejemplo, pueden definirse cuatro zonas, correspondientes respectivamente a zonas de peso de iluminación de la segunda fuente luminosa con un valor de 100, 50, 25 y 12.

La figura 4 ilustra un ejemplo de una imagen de este tipo, siendo

- una primera zona 50 correspondiente a la zona en donde la intensidad de la segunda fuente de iluminación es la más importante, por tanto, todos los píxeles  $x$  en dicha zona tendrán todos un peso  $\omega_x = 100$ , asociado a la intensidad máxima de la segunda fuente de iluminación.

- una segunda zona 51 correspondiente a una zona de intensidad aún menos fuerte (intensidad reducida por un factor de 2 con respecto a la zona 50), por ejemplo, por tanto, todos los píxeles  $x$  en dicha zona tendrán un peso  $\omega_x = 50$ .

- una tercera zona 52 correspondiente a una zona de intensidad aún menos fuerte (intensidad reducida por un factor de 2 con respecto a la zona 51), por ejemplo, por tanto, todos los píxeles en dicha zona tendrán un peso  $\omega_x = 25$ .

- una cuarta zona 53 correspondiente a una zona de intensidad más débil (intensidad reducida por un factor de 2 con respecto a la zona 52), por ejemplo, por tanto, todos los píxeles en dicha zona tendrán un peso  $\omega_x = 12$ .

Evidentemente, los valores aportados en este caso se facilitan a título indicativo y dependen del dispositivo usado. La división debe determinarse concretamente en función de las características de la distribución espacial de la intensidad luminosa de la segunda fuente luminosa 2. El término  $\omega_x$  que interviene en el cálculo del parámetro de reflexión  $\beta$  descrito anteriormente adopta entonces los valores de peso: 100, 50, 25, 12, por ejemplo. La división permite simplificar los cálculos y sobre todo evitar tener medidas de parámetros de reflexión con demasiado ruido, pero también sería posible conservar valores de la distribución sin división.

La zona de interés de la imagen corresponde a la zona susceptible de contener la información sobre el objeto analizado. En efecto, el objeto no está representado en la totalidad de la imagen, y es interesante tener en cuenta únicamente una parte de la imagen, aquella en la que aparece el objeto.

La zona de interés se elige para que se corresponda a la zona de la imagen correspondiente al objeto del que se desea validar que se trata de un elemento auténtico del cuerpo humano. Por ejemplo, puede delimitarse la zona de interés detectando el contorno de la zona de la imagen correspondiente a la parte del objeto, concretamente mediante la puesta en práctica de un algoritmo clásico de detección de contornos, tal como el filtro de Canny o de Deriche.

Tal como se ha indicado anteriormente, el dispositivo de validación debe calibrarse durante la puesta en marcha, concretamente en lo relativo al ajuste de la potencia de la segunda fuente luminosa 2. Es posible usar una parametrización determinada mediante un cálculo. No obstante, en la medida en que influyen muchos parámetros, tales como la posición de la segunda fuente luminosa 2, las longitudes de onda usadas o incluso la configuración del soporte 7, es preferible poner en práctica un procedimiento de calibración del dispositivo de validación que comprenda al menos las siguientes etapas, para cada uno de los elementos del cuerpo humano auténticos de una base de aprendizaje, con referencia a la figura 3:

- iluminación (etapa S20) del elemento del cuerpo humano auténtico mediante la primera fuente luminosa 1,
- determinación de un tiempo de exposición (etapa S21) correspondiente al tiempo necesario para que el nivel medio de exposición a la luz del sensor 3 de imagen alcance un valor predeterminado, eligiéndose la potencia luminosa de la primera fuente luminosa 1 para hacer que aparezca la red venosa del interior del elemento del cuerpo humano auténtico en una imagen adquirida por el sensor de imagen,
- de manera iterativa hasta que, y mientras, la diferencia entre el primer componente de color y el segundo componente de color en una zona de interés de la imagen correspondiente al elemento del cuerpo humano auténtico sea inferior a un umbral de equilibrio:
- una iluminación (etapa S22) simultánea del elemento del cuerpo humano mediante la primera fuente luminosa 1 y mediante la segunda fuente luminosa 2 durante dicho tiempo de exposición,
- una adquisición de una imagen (etapa S23) mediante el sensor 3 de imagen,
- un aumento (etapa S24) de la potencia de la segunda fuente luminosa 2,
- eligiéndose la potencia luminosa de la segunda fuente luminosa de manera que sea estáticamente representativa de las potencias asociadas a cada uno de los elementos del cuerpo humano auténticos de la base de aprendizaje.

La aparición de la red venosa corresponde concretamente a que, en la imagen adquirida, los vasos sanguíneos subcutáneos más grandes situados a una profundidad comprendida entre 1 y 2 mm pueden distinguirse gracias al contraste suficientemente pronunciado con respecto a su entorno (algunos puntos para una codificación de 8 bits).

Cabe destacar que la determinación del tiempo de exposición, realizada con la iluminación de tan solo la primera fuente luminosa 1 como en el procedimiento anteriormente descrito, no necesita un ajuste de la potencia de dicha primera fuente luminosa 1. La calibración de la potencia de la segunda fuente luminosa 2 se realiza mediante un aprendizaje en una población de elementos del cuerpo humano auténticos (dedos vivos, en el presente caso) representativos. A continuación, se elige la potencia luminosa de la segunda fuente luminosa de manera que sea estáticamente representativa de las potencias asociadas a cada uno de los elementos del cuerpo humano auténticos de la base de aprendizaje. Por ejemplo, puede deducirse una mediana de la potencia de la segunda fuente luminosa 2 y permanece fija.

La predominancia de la reflexión de la luz procedente de la segunda fuente luminosa 2 con respecto a la difusión de la luz procedente de la primera fuente luminosa 1, usada en el procesamiento de validación del objeto presentado, depende, entre otras cosas, de la cantidad de luz de la segunda fuente luminosa 2 integrada por el sensor de imágenes durante un tiempo de exposición cuyo ajuste se presenta a continuación. De hecho, si la iluminación mediante la segunda fuente luminosa 2 es demasiado débil, entonces el fenómeno de difusión será siempre preponderante y entonces será difícil distinguir un señuelo.

Por consiguiente, la potencia de la segunda fuente luminosa 2 se ajusta de manera que se alcance un equilibrio estadístico entre los valores del segundo componente de los píxeles y los valores del primer componente de dichos píxeles en la zona de interés de la imagen, para un elemento del cuerpo humano auténtico. El primer componente de color y el segundo componente de color están estadísticamente equilibrados para un elemento auténtico del cuerpo humano cuando la diferencia entre el primer componente de color y el segundo componente de color en una zona de una imagen correspondiente a dicho elemento del cuerpo humano auténtico es inferior a un umbral.

En el caso de imágenes de 8 bits con una codificación de 0 a 255, este umbral puede corresponder, por ejemplo, a una diferencia de 10 entre el primer componente de color y el segundo componente de color, preferiblemente de 5 y más preferiblemente de 3.

A continuación, se determina la potencia de la segunda fuente luminosa 2 usada para el procedimiento de validación a partir de la potencia adecuada registrada para cada uno de los elementos del cuerpo humano auténticos de la base de aprendizaje, con el fin de ser estadísticamente representativa de las potencias asociadas a cada uno de los elementos del cuerpo humano auténticos de la base de aprendizaje. Por ejemplo, puede tratarse de la mediana de la potencia de las mismas.

En el caso del uso de dos segundas fuentes luminosas 2 diferentes, por ejemplo, una verde (longitud de onda comprendida entre 500 y 550 nm) y una azul (longitud de onda comprendida entre 435 y 500 nm), se asocia un parámetro de reflexión a cada una de las segundas fuentes luminosas. Por tanto, hay, por ejemplo, un parámetro de reflexión que tiene en cuenta los valores del componente verde con respecto a los valores del primer componente y un parámetro de reflexión que tiene en cuenta los valores del componente azul con respecto a los valores del primer componente. Por tanto, se obtienen dos medidas y pueden combinarse, por ejemplo, con la aplicación de un umbral

para el parámetro de reflexión de la luz verde, la aplicación de un umbral para el parámetro de reflexión de la luz azul, y después una combinación de las decisiones obtenidas, por ejemplo, con una “y” lógica o una “o” lógica.

Asimismo, se realiza la calibración para cada una de dichas segundas fuentes luminosas 2.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de validación de que un objeto es un elemento (5) del cuerpo humano que comprende al menos las siguientes etapas:

- iluminación (S12), mediante al menos una primera fuente luminosa (1) que emite en un primer intervalo de longitudes de onda

en el infrarrojo y mediante al menos una segunda fuente luminosa (2) que emite en un segundo intervalo de longitudes de onda

en el espectro visible, de un objeto del que se desea validar que corresponde a un elemento del cuerpo humano, emitiendo dicha segunda fuente luminosa (2) luz a longitudes de onda inferiores a las de la primera fuente;

- adquisición (S13) de una imagen mediante un sensor (3) de imagen sensible a un rango de longitud de onda que cubre al menos parcialmente el primer intervalo de longitudes de onda en el infrarrojo y el segundo intervalo de longitud de onda en el espectro visible, estando los píxeles de dicha imagen asociados al menos a dos valores característicos respectivamente de un primer componente de color y de un segundo componente de color, correspondiendo dicho segundo componente al menos a una longitud de onda del segundo intervalo de longitud de onda emitido por la segunda fuente luminosa (2), calibrándose previamente las potencias luminosas de iluminación respectivas de la primera fuente luminosa y de la segunda fuente luminosa para que el primer componente de color y el segundo componente de color estén estadísticamente equilibrados para un elemento del cuerpo humano auténtico, estando el primer componente de color y el segundo componente de color estadísticamente equilibrados para un elemento auténtico del cuerpo humano cuando la diferencia entre el primer componente de color y el segundo componente de color en una zona de una imagen correspondiente a dicho elemento del cuerpo humano auténtico es inferior a un umbral;

- puesta en práctica (S14) de un procesamiento de validación en función de comparaciones entre los valores del segundo componente de color de los píxeles de una zona de interés de la imagen y los valores del primer componente de color de dichos píxeles de una zona de interés de la imagen, con el fin de poder validar que el objeto corresponde a un elemento del cuerpo humano, estando los valores del primer componente de color y los valores del segundo componente de color estadísticamente equilibrados para un elemento del cuerpo humano auténtico;

- validación o no de la autenticidad (S15) del objeto (5) en función del resultado del procesamiento de validación.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en donde la primera fuente luminosa (1) emite luz incidente en el objeto fuera del campo de adquisición del sensor (3) de imagen, y la segunda fuente luminosa (2) emite luz incidente en el objeto en el campo de adquisición del sensor (3) de imagen.

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde un primer polarizador está dispuesto en el trayecto luminoso entre la primera fuente luminosa (1) y el objeto, siendo dicho primer polarizador un polarizador rectilíneo con un eje de polarización en una primera dirección, y un segundo polarizador está dispuesto a nivel del sensor (3) de imagen, siendo dicho segundo polarizador un polarizador rectilíneo con un eje de polarización en una segunda dirección ortogonal a la primera dirección, iluminando la primera fuente luminosa (1) el objeto mediante luz polarizada en la primera dirección e iluminando la segunda fuente luminosa (2) el objeto mediante luz no polarizada en la primera dirección.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera fuente luminosa (1) emite en longitudes de onda de entre 780 nm y 900 nm, y la segunda fuente luminosa (2) emite en longitudes de onda de entre 435 nm y 550 nm.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el tiempo de exposición durante el cual se ilumina el objeto se determina previamente mediante una etapa (S11) en el transcurso de la cual se ilumina (S10) el objeto (5) únicamente mediante la primera fuente luminosa (1) a una potencia determinada, correspondiendo dicho tiempo de exposición al tiempo necesario para que el nivel medio de exposición del sensor (3) de imagen a la luz alcance un valor predeterminado.

6. Procedimiento según la reivindicación anterior, en donde el procesamiento de validación también es en función del tiempo de exposición, significando un tiempo de exposición que se aleja de un intervalo de aceptabilidad que el objeto presentado no es un dedo auténtico.

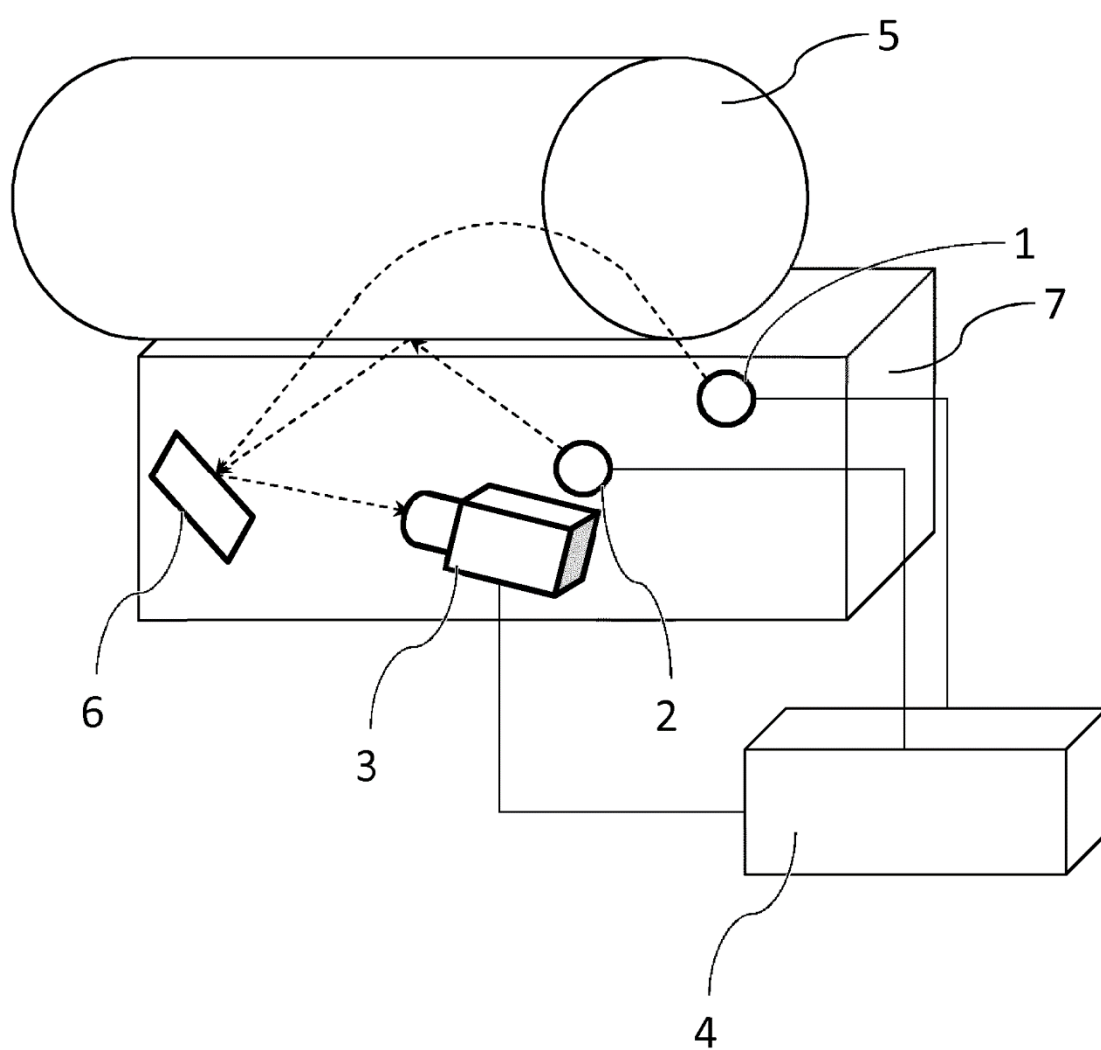
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la potencia de la primera fuente luminosa se determina previamente mediante una etapa en el transcurso de la cual se ilumina el objeto (5) únicamente mediante la primera fuente luminosa (1) durante un tiempo de exposición determinado, correspondiendo dicha potencia a la potencia necesaria para que el nivel medio de exposición del sensor (3) de imagen a la luz alcance un valor predeterminado.
8. Procedimiento según la reivindicación anterior, en donde el procesamiento de validación también es en función de la potencia de la primera fuente luminosa así determinada, significando una potencia de la primera fuente luminosa que se aleja de un intervalo de aceptabilidad que el objeto presentado no es un dedo auténtico.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el procesamiento de validación comprende el cálculo de un parámetro de reflexión que es en función de la suma de los valores del segundo componente de color de los píxeles de la zona de interés cuyo primer componente de color es inferior al valor del segundo componente de color por un valor predeterminado.
10. Procedimiento según la reivindicación anterior, en donde dicha suma se pondera mediante la inversa del peso en función de la distribución espacial predeterminada de la intensidad luminosa de la segunda fuente luminosa (2).
11. Procedimiento según la reivindicación anterior, en donde el parámetro de reflexión  $\beta$  se determina según la siguiente fórmula:

$$\beta = \frac{1}{N_{ROI}} \sum_{x \in ROI} \frac{x_v \cdot H(x_v - (x_r + \varepsilon))}{\omega_x}$$

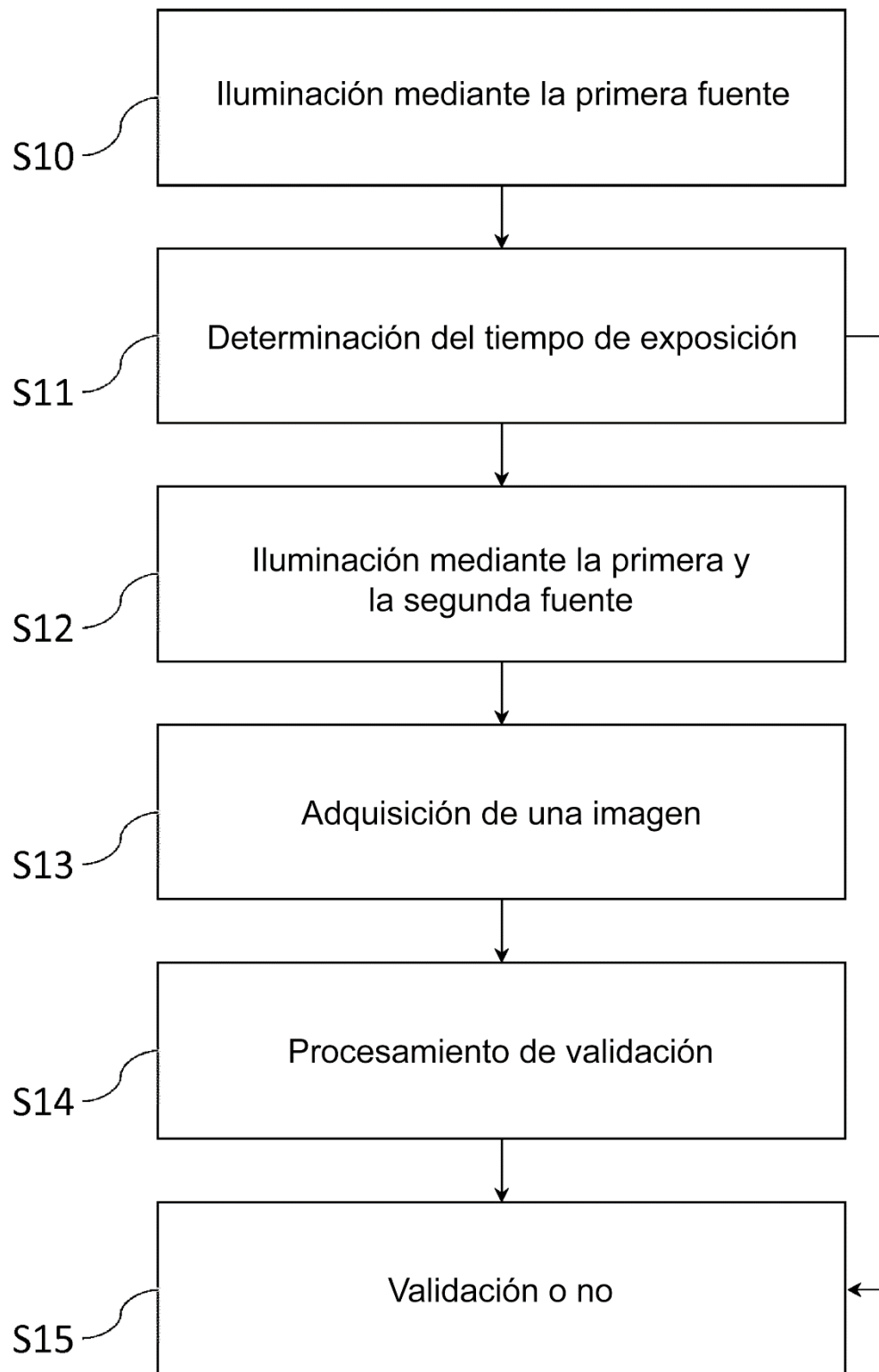
- siendo H la función de Heaviside,  $N_{ROI}$  el número total de píxeles x de la zona de interés ROI,  $x_r$  el valor del primer componente de color del píxel x,  $x_v$  el valor del segundo componente de color del píxel x,  $\varepsilon$  una constante de umbral, y  $\omega_x$  un peso predeterminado en función de la intensidad luminosa de la segunda fuente luminosa (2) para el píxel x.
12. Dispositivo de validación configurado para poner en práctica un procedimiento de validación según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, comprendiendo dicho dispositivo de validación
    - al menos una primera fuente luminosa (1) configurada para emitir en dirección al objeto (5) luz en un primer intervalo de longitud de onda en el infrarrojo;
    - al menos una segunda fuente luminosa (2) configurada para emitir en dirección al objeto (5) luz en un segundo intervalo de longitud de onda en el espectro visible a longitudes de onda inferiores a las de la primera fuente luminosa (1), calibrándose previamente las potencias luminosas de iluminación respectivas de la primera fuente luminosa y de la segunda fuente luminosa para que el primer componente de color y el segundo componente de color estén estadísticamente equilibrados para un elemento del cuerpo humano auténtico, estando el primer componente de color y el segundo componente de color estadísticamente equilibrados para un elemento auténtico del cuerpo humano cuando la diferencia entre el primer componente de color y el segundo componente de color en una zona de una imagen correspondiente a dicho elemento del cuerpo humano auténtico es inferior a un umbral;
    - un sensor (3) de imagen sensible a un rango de longitud de onda que recubre al menos parcialmente el primer intervalo de longitudes de onda en el infrarrojo y el segundo intervalo de longitud de onda en el espectro visible, configurado para adquirir una imagen del objeto (5) cuyos píxeles están asociados al menos a dos valores característicos de un primer componente de color y de un segundo componente de color, respectivamente, correspondiendo dicho segundo componente al menos a una longitud de onda del espectro visible emitida por la segunda fuente luminosa (2),
    - una unidad (4) de procesamiento configurada para poner en práctica un procesamiento de validación en función de comparaciones entre los valores del segundo componente de color de los píxeles y los valores del primer componente de color en una zona de interés de la imagen, con el fin de poder validar que el objeto corresponde a un elemento del cuerpo humano, estando los valores del primer componente de color y los valores del segundo componente de color estadísticamente equilibrados para un elemento del cuerpo humano auténtico.
  13. Procedimiento de calibración de un dispositivo de validación según la reivindicación anterior, comprendiendo dicho procedimiento de calibración al menos las siguientes etapas, para cada uno de los elementos del cuerpo humano auténticos de una base de aprendizaje:
    - iluminación del elemento del cuerpo humano auténtico mediante la primera fuente luminosa (1),

- 5                   - determinación de un tiempo de exposición correspondiente al tiempo necesario para que el nivel medio de exposición a la luz del sensor (3) de imagen alcance un valor predeterminado, eligiéndose la potencia luminosa de la primera fuente luminosa (1) para hacer que aparezca la red venosa del interior del elemento del cuerpo humano auténtico en una imagen adquirida por el sensor de imagen,
- 10                  - de manera iterativa hasta que, y mientras, la diferencia entre el primer componente de color y el segundo componente de color en una zona de interés de la imagen correspondiente al elemento del cuerpo humano auténtico sea inferior a un umbral de equilibrio:
- 15                         • una iluminación simultánea del elemento del cuerpo humano mediante la primera fuente luminosa (1) y mediante la segunda fuente luminosa (2) durante dicho tiempo de exposición,
- una adquisición de una imagen (S23) mediante el sensor (3) de imagen,
- un aumento (S24) de la potencia de la segunda fuente luminosa (2),
- 20                  - eligiéndose la potencia luminosa de la segunda fuente luminosa de manera que sea estáticamente representativa de las potencias asociadas a cada uno de los elementos del cuerpo humano auténticos de la base de aprendizaje.
14.           Producto de programa informático que comprende instrucciones que conducen a que el dispositivo según la reivindicación 12 ejecute las etapas del procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

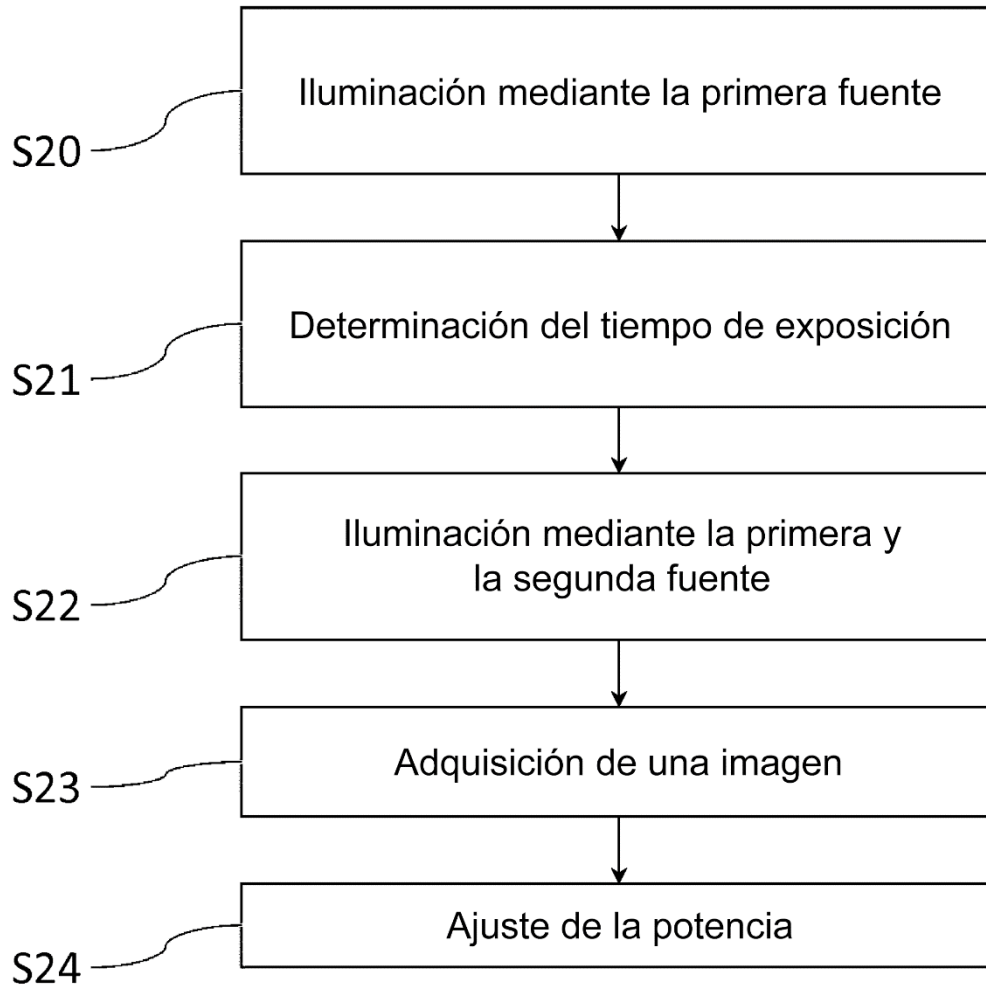
**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**

