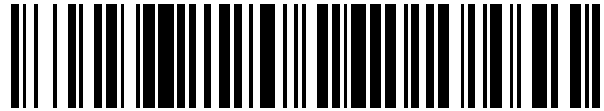


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 788 479**

51 Int. Cl.:

<b>G01C 11/08</b>	(2006.01)
<b>G06T 7/246</b>	(2007.01)
<b>G05D 1/02</b>	(2010.01)
<b>G01C 21/00</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.06.2015 PCT/CN2015/082525**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **29.12.2016 WO16206108**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.06.2015 E 15871319 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.03.2020 EP 3155369**

54 Título: **Sistema y método para medir un desplazamiento de una plataforma móvil**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**21.10.2020**

73 Titular/es:  
**SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD. (100.0%)  
6/F Hkust SZ IER Bldg. 9, Yuexing 1st Road Hi  
Tech Park (south) Nanshan District  
Shenzhen, Guangdong 518057, CN**

72 Inventor/es:  
**ZHANG, HONGHUI**

74 Agente/Representante:  
**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 788 479 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**

Sistema y método para medir un desplazamiento de una plataforma móvil

Campo

5 Las realizaciones divulgadas se relacionan en general con operaciones de plataforma móvil y más particularmente, pero no exclusivamente, con sistemas y métodos para detectar un desplazamiento de una plataforma móvil.

Antecedentes

10 La determinación de un desplazamiento de un Vehículo Aéreo no Tripulado ("UAV") es constantemente necesaria para navegar y operar los UAV. Las tecnologías actualmente disponibles para medir el desplazamiento solo pueden asegurar el rendimiento y precisión bajo ciertas condiciones, tales como dentro de un cierto rango de altura. Además, las tecnologías actualmente disponibles son vulnerables a interferencias ambientales.

15 Entre las tecnologías actualmente disponibles, una solución con base en un dispositivo de generación de imagen monocular y un dispositivo ultrasónico puede estar limitada por una distancia de detección del dispositivo ultrasónico, por lo tanto, normalmente solo es aplicable dentro de una altitud baja de medio metro a cinco metros. Además, tal solución monocular también puede ser vulnerable a ruidos existentes en una configuración ambiental. Una solución alternativa que se basa en un dispositivo de generación de imagen binocular está limitada por una longitud de una línea base entre dos lentes del dispositivo de generación de imagen binocular y solo es aplicable dentro de una altitud de uno a diez metros. Otra solución con base en un Dispositivo de Posicionamiento Global ("GPS") no es fiable bajo una configuración interior o bajo una configuración ambiental compleja debido a la falta de señal fiable.

20 En vista de las razones anteriores, hay una necesidad de un sistema y método para medir de manera efectiva y eficientemente el desplazamiento de la plataforma móvil en un amplio rango de alturas.

25 El documento EP 2 549 288 A1 describe un método para identificar coincidencias de características verdaderas de una pluralidad de coincidencias de características candidatas para navegación basada en visión. Se puede establecer un peso para cada una de la pluralidad de coincidencias de características candidatas. El método también incluye el rendimiento de manera iterativa para N iteraciones: calcular una matriz fundamental para la pluralidad de coincidencias de características candidatas usando una estimación ponderada que explica el peso de cada una de la pluralidad de coincidencias de características candidatas; calcular una distancia desde la matriz fundamental para cada una de la pluralidad de coincidencias de características candidatas; y actualizar el peso para cada una de la pluralidad de coincidencias de características candidatas como una función de la distancia para la respectiva coincidencia de característica candidata. Después de N iteraciones, las coincidencias de características candidatas que tienen una distancia inferior a un umbral de distancia se pueden seleccionar como coincidencias de características verdaderas.

35 Gianpaolo Conte et al.: "An integrated UAV Navigation System Based on Aerial Image Matching", 2008 IEEE Aerospace Conference; 1 de marzo, 2008, EE.UU., páginas 1 a 10, describe el sistema de navegación basado en visión el cual combina sensores inerciales, odómetros visuales y registro de un UAV a bordo para una imagen aérea georreferenciada y describe extraer información de posición de las imágenes aéreas cuando el UAV está volando a baja altitud.

40 Girish Chowdhary et al.: "GPS-denied Indoor and Outdoor Monocular Vision Aided Navigation and Control of Unmanned Aircraft", la Journal of Field Robotics, volumen 30, número 3, 1 de mayo, 2013, páginas 415-438, describe un método para combinar información visual de característica de la cámara monocular con mediciones de sensores inerciales, en donde las mediciones inerciales son usadas para predecir la transición de marco a marco de ubicaciones de características seleccionadas en línea.

45 Chunhui Zhao et al.: "Visual Odometry and Seen Matching Integrated Navigation System in UAV" 17th International Conference on Information Fusion, International Society of Information Fusion, 7 de julio, 2014, páginas 1-6, describe un método de navegación integrado basado en visión de UAV el cual combina los algoritmos de navegación relativos y absolutos. La odometría visual es usada como el algoritmo relativo con el fin de estimar la posición del UAV mediante las matrices de homografía derivadas entre dos imágenes consecutivas.

Resumen

50 La presente invención se relaciona con un método para detectar un desplazamiento de una plataforma móvil de acuerdo con la reivindicación independiente 1 y con un aparato para detectar un desplazamiento de una plataforma móvil de acuerdo con la reivindicación independiente 9. Realizaciones de ejemplo se describen en las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama esquemático de ejemplo de una plataforma móvil.

La figura 2 es un diagrama de flujo de alto nivel de ejemplo de un método para determinar un desplazamiento de la plataforma móvil de la figura 1.

La figura 3 es un diagrama de flujo de ejemplo de una realización de ejemplo del método de la figura 2, en donde se hacen coincidir pares de marcos.

5 La figura 4 es otro diagrama de flujo de ejemplo de una realización alternativa del método de la figura 3, en donde se calculan arreglos proyectivos de los marcos.

La figura 5 es otro diagrama de flujo de ejemplo de otra realización alternativa del método de la figura 3, en donde se miden los movimientos del segundo marco.

10 La figura 6 es un diagrama de ejemplo de una realización alternativa del método de la figura 3, que ilustra un método de ejemplo para hacer coincidir dos imágenes con un área superpuesta.

La figura 7 es un diagrama de ejemplo que ilustra una realización alternativa del método de la figura 6, en donde se hace coincidir un primer marco con un segundo marco con una pluralidad de puntos de características.

La figura 8 es un diagrama de ejemplo que ilustra una realización alternativa del método de la figura 7, en donde se hace coincidir cada punto de característica calculando una similitud.

15 Debe anotarse que las figuras no están dibujadas a escala y que elementos de estructuras o funciones similares en general se representan mediante números de referencia similares para propósitos ilustrativos a lo largo de las figuras. También debe anotarse que las figuras solo están previstas para facilitar la descripción de las realizaciones preferidas. Las figuras no ilustran cada aspecto de las realizaciones descritas y no limitan el alcance de la presente divulgación.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

20 Dado que los sistemas de visión actualmente disponibles están restringidos por las condiciones, puede resultar deseable una plataforma móvil y método que puedan cumplir con los requisitos de medición de un desplazamiento de la plataforma móvil durante un curso de vuelo a diversas alturas bajo diversas condiciones y proporcionar una base para una medición precisa de desplazamientos, para sistemas tales como sistemas de UAV y otras plataformas móviles. Este resultado se puede lograr, de acuerdo con una realización divulgada en la figura 1.

25 La figura 1 ilustra un diagrama esquemático de ejemplo de una plataforma 200 móvil. Como se muestra en la figura 1, la plataforma 200 móvil puede detectar un desplazamiento  $d$  de la plataforma 200 móvil. Un dispositivo 886 de generación de imagen se muestra como instalado en la plataforma 200 móvil, tal como un UAV 250. Cuando la plataforma 200 móvil está en el aire, como se muestra en la figura 1, el dispositivo 886 de generación de imagen puede tener una altura  $H$  y un ángulo  $\alpha$  en relación con el nivel 880 de suelo. El dispositivo 886 de generación de imagen puede comprender un dispositivo de generación de imagen monocular o un dispositivo de generación de imagen multiocular. En otras palabras, el dispositivo 886 de generación de imagen puede incluir cualquier número adecuado de lentes. Preferiblemente, una lente del dispositivo 886 de generación de imagen se puede usar en puntos de tiempo seleccionados para tomar un primer y segundo marcos 811a, 811b (se muestran en la figura 2) de un objeto de interés. El nivel 880 de suelo puede ser el suelo real, un nivel de agua o el suelo con cualquier estructura. El dispositivo 886 de generación de imagen puede estar en un nivel 882 como se ilustra en la figura 1, cuyo nivel 882 puede tener una altura  $H$ . La plataforma 200 móvil puede tener un primer ángulo en relación con el nivel 880 de suelo y el dispositivo 886 de generación de imagen puede tener un segundo ángulo en relación con un plano de la plataforma 200 móvil. El primer y segundo ángulos se pueden combinar en un ángulo  $\alpha$  del dispositivo 886 de generación de imagen en relación con el nivel 880 de suelo.

40 En algunas realizaciones, la altura  $H$  puede adquirirse con un barómetro 251 y/o un dispositivo 252 ultrasónico (no se muestra). El ángulo  $\alpha$  se puede adquirir con un dispositivo de Localización y Mapeo Simultáneo (SLAM) (no se muestra) de una manera mostrada y descrita a continuación con referencia a la figura 5.

45 La figura 2 ilustra una realización de ejemplo de un método 100 para detectar el desplazamiento  $d$  de la plataforma 200 móvil (se muestra colectivamente en la figura 1). El método 100 de la figura 2 se muestra como que incluye la adquisición de un primer marco 811a y un segundo marco 811b, en 810. El desplazamiento  $d$  de la plataforma 200 móvil se determina, en 850, con base en el primer y segundo marcos 811a, 811b estereoscópicos. Ventajosamente, el método 100 puede usar un sistema 886 de generación de imagen monocular con un dispositivo de SLAM y cierta de medición de altura, tal como un barómetro 251 y/o un dispositivo 252 ultrasónico.

50 Los dos marcos 811a, 811b de imágenes se adquieren en dos puntos de tiempo diferentes: un primer punto de tiempo y un segundo punto de tiempo con una trayectoria de desplazamiento del dispositivo 886 de generación de imagen. El primer marco 811a y el segundo marco 811b son marcos estereoscópicos. En una realización preferida, los dos marcos 811a, 811b pueden tener al menos una región superpuesta con un porcentaje predeterminado del primer marco 811a o el segundo marco 811b. La región superpuesta de los dos marcos 811a, 811b se define como puntos, en los dos marcos 811a, 811b, que reflejan un mismo objeto. Para asegurar tal región superpuesta, se puede ajustar un periodo de tiempo entre el primer punto de tiempo y el segundo punto de tiempo de tal manera que al menos un

objeto pueda reflejarse en ambos marcos 811a, 811b. Además, el dispositivo 886 de generación de imagen permanece quieto en relación con la plataforma 200 móvil o se mueve lentamente para asegurar la superposición.

5 Cuando se adquieren los dos marcos 811a, 811b, el periodo de tiempo entre el primer punto de tiempo y el segundo punto de tiempo puede ser menor que una sexagésima parte de un segundo y no mayor que una vigésima parte de un segundo. El periodo de tiempo puede depender de requisitos de aplicaciones o situaciones reales. Como un ejemplo  
 10 ejemplar, cuando la plataforma 200 móvil está volando a una velocidad más baja, el periodo de tiempo puede establecerse en un valor mayor debido a que se puede asegurar una superposición entre los dos marcos 811a, 811b incluso bajo el periodo de tiempo mayor. Por el otro lado, cuando la velocidad de la plataforma 200 móvil está volando a una velocidad más alta, el periodo de tiempo se puede establecer en un valor más bajo para asegurar la superposición entre los dos marcos 811a, 811b.

En 850, los dos marcos 811a, 811b son usados para calcular un desplazamiento de una plataforma 200 móvil. Tal desplazamiento se puede calcular de acuerdo con la manera mostrada y descrita a continuación con referencia a las figuras 3-5.

15 Un sistema que implementa el método 100 ventajosamente puede ser aplicable a un amplio rango de altura de un metro a cien metros y puede ser menos vulnerable a cualquier interferencia ambiental. Además, el sistema no depende de una señal de Sistema de Posicionamiento Global ("GPS"), por lo tanto, puede ser aplicable en un entorno que carece de una señal de GPS, tal como una configuración interior. El barómetro y el dispositivo de generación de imagen monocular se pueden instalar fácilmente en una plataforma móvil, y se prefiere que sean instalados en un UAV de tamaño pequeño.

20 La figura 3 ilustra una realización alternativa del método 100. En el método 100 de la figura 3, se puede calcular el movimiento de la plataforma 200 móvil (se muestra en la figura 1). Como se muestra en la figura 3, después de que se adquieren dos marcos 811a, 811b de un objeto de interés, en 810, se puede calcular una altura H de una plataforma 200 móvil con base en los dos marcos 811a, 811b, en 820. Preferiblemente, la altura de la plataforma 200 móvil se puede determinar con el barómetro 251 y/o el dispositivo 252 ultrasónico. Aunque se muestra y describe como la  
 25 adquisición de la altura H después de que se adquieren los dos marcos 811a, 811b, la altura H de la plataforma 200 móvil puede ser adquirida antes, durante o después de que se adquieren el primer marco 811a y/o el segundo marco 811b.

En 830, el segundo marco 811b se hace coincidir con el primer marco 811a haciendo coincidir los puntos 355 de características (se muestran en la figura 6) en el primer marco 811a con ciertos puntos en los segundos marcos 811a, 811b. Bajo la presente divulgación, los dos marcos 811a, 811b se hacen coincidir cuando se encuentran uno o más puntos, que reflejan un mismo objeto, en cada uno de los dos marcos 811a, 811b. En otras palabras, los puntos que reflejan el mismo objeto definen una región superpuesta en los dos marcos 811a, 811b. Los puntos 355 de características en el primer marco 811a pueden seleccionarse a partir de aquellos puntos que reflejan un objeto sobresaliente. Tal objeto puede incluir, por ejemplo, un edificio, un árbol, una carretera, un río u otro tipo de estructuras.  
 35 Preferiblemente, el objeto puede ser un objeto estable o un objeto que se mueve lentamente. Se muestra detalle adicional sobre la coincidencia de los dos marcos 811a, 811b y se describe a continuación con referencia a la figura 4.

En 840, se miden seis movimientos en tres movimientos de traslación y tres rotaciones de la plataforma 200 móvil con una Unidad de Medición Inercial ("IMU") y/o se estiman con los dos marcos 811a, 811b estereoscópicos. Los tres movimientos de traslación pueden incluir movimientos de traslación de la plataforma 200 móvil a lo largo de cada uno de un eje x, un eje y y un eje z. Las tres rotaciones pueden incluir rotaciones de la plataforma 200 móvil alrededor del eje x, el eje y y el eje z, respectivamente. La adquisición de las rotaciones incluye el uso de la IMU 150. Las traslaciones son calculadas con base en los datos de rotación, que se muestran y describen a continuación con referencia a la figura 5. A continuación se proporcionará detalle sobre el cálculo de los seis movimientos con referencia a la figura 5.

45 El desplazamiento de la plataforma 200 móvil se determina, en 850. Una vez adquiridas, las rotaciones y las traslaciones se aplican para calcular el desplazamiento de la plataforma 200 móvil. En algunas realizaciones, se puede calcular una velocidad de la plataforma 200 móvil dividiendo las traslaciones por el periodo de tiempo para adquirir los dos marcos 811a, 811b. En otra realización de ejemplo, la información de ubicación de la plataforma móvil en un punto de tiempo puede adquirirse con base en el arreglo T de traslación calculado y la información de ubicación de la plataforma móvil en un punto de tiempo para adquirir el primer marco 811a. El punto de tiempo puede ser un tiempo para adquirir el segundo marco 811b.

En una realización alternativa, después de determinar el desplazamiento, en 850, se puede adquirir el siguiente marco de imagen y el sistema repite el proceso con el fin de calcular el marco o marcos recientemente adquiridos. El proceso continúa una y otra vez para realizar una detección de desplazamiento ininterrumpido.

55 La figura 5 ilustra otra realización alternativa del método 100. Volviendo a la figura 5, se ilustra la coincidencia de los dos marcos 811a, 811b. Como se muestra en la figura 5, se pueden adquirir dos marcos 811a, 811b a través de cualquiera de los métodos mostrados y descritos con referencia a la figura 1, en 810. La figura 4 ilustra una manera de ejemplo mediante la cual el método 100 puede hacer coincidir, en 830, el segundo marco 811b con el primer marco

811a. Volviendo a la figura 4, los marcos 811a, 811b consisten en múltiples puntos, y cada uno de esos puntos es representado con valores de coordenadas x, y y z. Los dos marcos 811a, 811b descritos en este documento pueden adquirirse en diferentes puntos de tiempo junto con una trayectoria de desplazamiento del dispositivo 100 de generación de imagen.

5 Refiriéndose a la figura 4, se adquiere una nube de puntos estereoscópicos con base en el primer marco 811a {P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, ..., P<sub>n</sub>}, en 832. Cada punto P es un punto 355 de característica del primer marco 811a. En un plano x-y, la nube de puntos estereoscópicos se puede representar con {(x<sub>1</sub><sup>1</sup>, y<sub>1</sub><sup>1</sup>), (x<sub>2</sub><sup>1</sup>, y<sub>2</sub><sup>1</sup>), (x<sub>3</sub><sup>1</sup>, y<sub>3</sub><sup>1</sup>), ..., (x<sub>n</sub><sup>1</sup>, y<sub>n</sub><sup>1</sup>)}. El número de los puntos 355 de características adquirió diversos con base en una velocidad de procesamiento, un tamaño del marco, una resolución del marco así como una capacidad de cálculo de un procesador (no se muestra) etc. En una realización típica divulgada en este documento, el número de puntos, o píxeles, puede estar en un rango de ejemplo de cien a doscientos píxeles.

10 Se calcula un segundo arreglo proyectivo en el segundo marco 811b {(x<sub>1</sub><sup>2</sup>, y<sub>1</sub><sup>2</sup>), (x<sub>2</sub><sup>2</sup>, y<sub>2</sub><sup>2</sup>), (x<sub>3</sub><sup>2</sup>, y<sub>3</sub><sup>2</sup>), ..., (x<sub>m</sub><sup>2</sup>, y<sub>m</sub><sup>2</sup>)}, en 834. Cada uno de los puntos (x<sub>i</sub><sup>2</sup>, y<sub>i</sub><sup>2</sup>) del segundo arreglo proyectivo representa un punto coincidente, proyectado en un plano x-y, que corresponde a un punto P<sub>j</sub> o (x<sub>j</sub><sup>1</sup>, y<sub>j</sub><sup>1</sup>) de la nube de puntos estereoscópicos del primer marco 811a. Un tamaño del segundo arreglo proyectivo puede ser el mismo como un tamaño del arreglo de nubes, en caso de que todos los puntos en el arreglo de nubes {P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, ..., P<sub>n</sub>} se hagan coincidir en el segundo marco 811b. Sin embargo, en la mayoría de los casos, el tamaño del segundo arreglo proyectivo es menor que el tamaño del arreglo de nubes {P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, ..., P<sub>n</sub>} debido a que no todos los puntos del primer marco 811a se pueden hacer coincidir en el segundo marco 811b. La coincidencia de la nube de puntos estereoscópicos del primer marco 811a con el segundo marco 811b se puede lograr mediante el método 100 descrito con referencia a las figuras 6-8, en el cual se comparan tres por tres píxeles para determinar la similitud de dos puntos.

15 Ahora refiriéndose de vuelta a la figura 5, se ilustra una manera de ejemplo mediante la cual el método 100 puede medir, en 840, movimientos del segundo marco 811b. En la figura 5, en 842, una IMU 150 (no se muestra) está configurada para medir mediciones de rotación que pueden ser pasadas a un procesador (no se muestra). Las mediciones de rotación se pueden representar mediante un arreglo R tridimensional. Con el arreglo R de medición de rotación, una relación entre el arreglo de nubes de puntos estereoscópicos del primer marco 811a y el arreglo de puntos proyectado del segundo marco 811b se puede representar como:

$$RP_j + T = \mu \begin{pmatrix} x_j \\ y_j \\ 1 \end{pmatrix}$$

Ecuación (6)

25 en donde R es un arreglo tridimensional que representa las mediciones de rotación, P<sub>j</sub> es un punto del primer marco 811a, T representa un arreglo tridimensional de traslación del segundo marco 811b que va a ser calculado y μ es un número aleatorio que actúa como un factor.

30 Para ayudar a asegurar una precisión del arreglo de rotación relativa medido por la IMU, puede ser relativamente corto el intervalo entre el primer punto de tiempo cuando se puede tomar el primer marco 811a y el segundo punto de tiempo cuando se puede tomar el segundo marco 811b. El intervalo de tiempo entre el primer marco 811a y el segundo marco 811b usualmente puede estar dentro de un rango de una vigésima parte a una sexagésima parte de segundo dependiendo de los requisitos de las aplicaciones reales, como se describe con referencia a la figura 2.

35 En ecuación 6, existen tres incógnitas (Tx, Ty, Tz); por lo tanto, por principios matemáticos, se pueden necesitar tres ecuaciones para resolver conjuntamente el arreglo T de traslación calculado con las tres incógnitas, en 844. Sin embargo, cada uno de los puntos proyectados tiene solo dos valores en x<sub>i</sub> y y<sub>i</sub>. Por lo que, con el fin de resolver tres incógnitas en el arreglo T de traslación calculado, se pueden unir tres ecuaciones de cuatro ecuaciones disponibles para dos de tales puntos.

40 En aplicaciones prácticas, debido a errores y/o imprecisiones en la coincidencia de los puntos entre el primer marco 811a y el segundo marco 811b, el arreglo T de traslación calculado puede ser impreciso. En 846, el arreglo T de traslación calculado puede introducirse en la Ecuación 6, y calcularse para determinar el número de puntos que conforman la relación definida en la ecuación. Luego, se usa otro par de puntos para resolver el arreglo T de traslación calculado, en 844, el cual luego se usa para calcular para determinar el número de puntos que conforman la relación de la Ecuación 6 en 846. Este proceso puede iterar para un número predeterminado de pares de puntos, y los resultados son un número predeterminado de los arreglos T de traslación calculados acompañados con un número de puntos de conformidad con la Ecuación 6 para cada arreglo de traslación.

45 En 845, se compara el número de puntos conformados entre las arreglos T de traslación calculados. Se puede elegir un arreglo T de traslación calculado con el número mayor de puntos conformados. El proceso descrito con referencia a la figura 4 puede repetirse una y otra vez para realizar una detección de desplazamiento continuo.

- La figura 6 ilustra una realización de ejemplo de un método 300 para hacer coincidir un punto del segundo marco 811b con un punto 355 correspondiente del primer marco 811a. En la figura 6, se toma un bloque de tres por tres píxeles con el punto comparado en el centro de cada uno de los marcos 811a, 811b. Cuando el primer y segundo marcos 811a y 811b son imágenes en color, los valores de componentes de color se pueden comparar para cada píxel del bloque de tres por tres píxeles. Por el contrario, cuando los marcos 811a y 811b son imágenes en blanco y negro, se pueden comparar valores de escala de grises para cada píxel. Con base en la Ecuación 5, el punto con la suma más pequeña de diferencias de valor para todos los nueve píxeles se puede seleccionar como el punto de coincidencia. Este proceso puede repetirse para todos los puntos de características seleccionados en el primer marco 811a.
- Alternativamente, puede usarse un método para usar descriptores de Características Elementales Independientes Robustas Binarias ("BRIEF") para hacer coincidir el punto del segundo marco 811b con el punto 355 correspondiente del primer marco 811a. En una realización de ejemplo, se puede construir una primera cadena binaria, que representa una primera región alrededor del punto de característica seleccionado del primer marco 811a, comparando las intensidades de cada uno de los pares de puntos de la región. La primera cadena binaria puede ser el primer descriptor de BRIEF del punto de característica seleccionado del primer marco 811a.
- De manera similar, se puede construir una segunda cadena binaria que representa una segunda región alrededor del punto 355 del segundo marco 811b comparando las intensidades de cada uno de los pares de puntos de la segunda región. La segunda cadena binaria puede ser un segundo descriptor de BRIEF.
- Se puede calcular una similitud entre el punto de característica seleccionado del primer marco 811a y el punto 355 del segundo marco 811b comparando una distancia de Hamming entre el primer descriptor de BRIEF y el segundo descriptor de BRIEF. El punto 355 del segundo marco 811b se puede determinar como que coincide con el punto de característica seleccionado del primer marco 811a cuando una distancia de Hamming entre el primer descriptor de BRIEF y el segundo descriptor de BRIEF es menor que un primer umbral de Hamming.
- Volviendo ahora a la figura 7, se ilustra una realización de ejemplo del método 300 para adquirir la disparidad  $d$  a través de puntos 355 de características del objeto 198 de interés. En 922, se puede seleccionar una pluralidad de puntos 355 de características en el objeto 198 de interés. Los puntos 355 de características se pueden seleccionar usando uno o más de una variedad de métodos diferentes. En una realización de ejemplo, los puntos 355 de características pueden identificarse como formas predefinidas del objeto 198 de interés. En otra realización, los puntos 355 de características pueden ser reconocidos como una o más porciones del objeto 198 de interés que tienen un color o intensidad particular. En otra realización, los puntos 355 de características pueden seleccionarse como porciones aleatorias del objeto 198 de interés. En otra realización, los puntos 355 de características pueden seleccionarse a intervalos regularmente espaciados en el objeto 198 de interés, por ejemplo, cada píxel, cada otro píxel, cada tercer píxel, cada cuarto píxel, y así sucesivamente. Los puntos 355 de características pueden tomar formas y tamaños variados, según se desee. En algunas realizaciones, se puede usar una combinación de métodos descritos anteriormente para seleccionar los puntos 355 de características.
- En 924, los puntos 355 de características seleccionados se pueden hacer coincidir desde el primer marco 811a en el segundo marco 811b. En una realización preferida, la coincidencia de los puntos 355 de características consiste en dos procedimientos como se muestra en la figura 8. En la figura 8, en 924A, se puede seleccionar un punto 355 de característica del primer marco 811a. Se puede escanear un punto de coincidencia partiendo desde un punto calculado y a lo largo de una línea paralela a la línea centrada de una lente (no se muestra) que se usa para capturar los dos marcos 811a, 811b. El punto de partida de coincidencia se puede calcular con base en las coordenadas del punto en el primer marco 811a. Aunque preferiblemente se limita a una sola dirección a lo largo de la línea seleccionada, el escaneo se puede realizar en cualquiera de una o más direcciones predeterminadas.
- En 924B, mientras que se escanea cada punto, se calcula una similitud entre dos puntos de la manera mostrada y descrita anteriormente en detalle en este documento con referencia a la figura 6, y el punto 355 del segundo marco 811b con la suma mínima de diferencias con el punto 355 de característica del primer marco 811a se puede seleccionar como un punto de coincidencia que corresponde al punto 355 de característica seleccionado.
- Regresando a la figura 7, se puede encontrar una disparidad  $d$  de características entre cada punto 355 de característica de los dos marcos 811a y 811b, en 926. Se puede usar cualquiera de una variedad de métodos para determinar la disparidad  $d$ . En una realización, la disparidad  $d$  se puede encontrar con base en un promedio de las disparidades  $d$  para cada uno de los puntos 355 de características. Tipos de ejemplo de promedios pueden incluir una media aritmética, una media geométrica, una mediana, y/o un modo sin limitación. En otra realización, la disparidad  $d$  se puede encontrar seleccionando uno o más de los puntos 355 de características y adquiriendo la disparidad  $d$  con base en los puntos 355 de características seleccionados.
- Las realizaciones descritas son susceptibles a diversas modificaciones y formas alternativas, y ejemplos específicos de las mismas se han mostrado a modo de ejemplo en los dibujos y se describen en detalle en este documento. Sin embargo, debe entenderse que las realizaciones descritas no deben limitarse a las formas o métodos particulares divulgados.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para detectar un desplazamiento de una plataforma (200) móvil, que comprende:  
 obtener un primer marco (811a) y un segundo marco (811b) con un dispositivo (886) de generación de imagen; y  
 determinar el desplazamiento de la plataforma (200) móvil con base en el primer marco (811a) y el segundo marco (811b),  
 en donde la obtención comprende adquirir una altura de la plataforma (200) móvil,  
 en donde la obtención comprende adquirir un ángulo del dispositivo (886) de generación de imagen con respecto a un nivel (880) de suelo,  
 en donde la adquisición del ángulo comprende adquirir el ángulo a través de una Unidad de Medición Inercial ("IMU"),  
 en donde la obtención comprende además:  
 medir un ángulo de rotación de la plataforma (200) móvil con la IMU en relación con el primer marco (811a) para generar datos de rotación;  
 adquirir, con base en el primer marco (811a), una nube de puntos estereoscópicos, en donde  
 la nube de puntos estereoscópicos es un arreglo de puntos de características  $\{P_1, P_2, P_3, \dots, P_n\}$ ;  
 adquirir un segundo arreglo proyectivo en un plano x-y  $\{(x_1^2, y_1^2), (x_2^2, y_2^2), (x_3^2, y_3^2), \dots, (x_m^2, y_m^2)\}$  del segundo marco (811b) con base en la nube de puntos estereoscópicos,  
 en donde la adquisición del segundo arreglo proyectivo comprende:  
 adquirir un primer arreglo proyectivo en un plano x-y  $\{(x_1^1, y_1^1), (x_2^1, y_2^1), (x_3^1, y_3^1), \dots, (x_n^1, y_n^1)\}$  del primer marco (811a) con base en la nube de puntos estereoscópicos; y  
 hacer coincidir una pluralidad de puntos de características del primer arreglo proyectivo en el segundo marco (811b) para generar el segundo arreglo proyectivo  $\{(x_1^2, y_1^2), (x_2^2, y_2^2), (x_3^2, y_3^2), \dots, (x_m^2, y_m^2)\}$ ;  
 determinar un arreglo T de traslación con base en los datos de rotación, la nube de puntos estereoscópicos y el segundo arreglo proyectivo; y  
 calcular el desplazamiento de la plataforma (200) móvil con base en el arreglo T de traslación,  
 siendo el método caracterizado porque la determinación del arreglo T de traslación comprende:  
 calcular un número predeterminado de arreglos de traslación con base en una relación entre los datos de rotación y un número predeterminado de pares de un punto de característica y un punto de coincidencia correspondiente, en donde cada arreglo de traslación del número predeterminado de arreglos de traslación es calculado resolviendo un conjunto de ecuaciones para al menos dos puntos de características seleccionados de la nube de puntos estereoscópicos y sus dos puntos de coincidencia en el segundo arreglo proyectivo;  
 calcular, para cada arreglo de traslación, un número de puntos de características coincidentes en conformidad con la relación introduciendo cada arreglo de traslación en la relación; y  
 seleccionar un arreglo de traslación entre el número predeterminado de arreglos de traslación con un número máximo de puntos de características coincidentes para que sea el arreglo T de traslación.
2. El método de la reivindicación 1, en donde la altura se adquiere con un barómetro (251) y un dispositivo (252) ultrasónico.
3. El método de la reivindicación 1, en donde la obtención comprende además hacer coincidir el primer y segundo marcos (811a, 811b),  
 en donde el primer marco (811a) se superpone con el segundo marco (811b).
4. El método de la reivindicación 3, en donde la obtención comprende adquirir el primer marco (811a) y el segundo marco (811b) en diferentes puntos de tiempo.
5. El método de la reivindicación 1 o 4, en donde la coincidencia de la pluralidad de puntos de características comprende:  
 escanear el segundo marco (811b) para identificar un punto del segundo marco (811b) que coincide con un punto de característica seleccionado del primer marco (811a); y

calcular una similitud entre el punto de característica seleccionado del primer marco (811a) y el punto.

6. El método de la reivindicación 1 o 5, en donde el cálculo del arreglo T de traslación respectivo comprende aplicar la relación:

$$RP_j + T = \mu \begin{pmatrix} x_j^2 \\ y_j^2 \\ 1 \end{pmatrix}$$

5 , en donde R es un arreglo de mediciones de rotación asociadas con los datos de rotación, P<sub>j</sub> es un punto de característica de la nube de puntos estereoscópicos, T representa el arreglo de traslación que va a ser calculado y μ es un número aleatorio.

7. El método de la reivindicación 6, en donde la aplicación

$$RP_j + T = \mu \begin{pmatrix} x_j^2 \\ y_j^2 \\ 1 \end{pmatrix}$$

10 comprende además calcular T resolviendo un conjunto de ecuaciones para al menos dos puntos seleccionados de la nube de puntos estereoscópicos y sus dos puntos de coincidencia del segundo arreglo proyectivo.

8. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 7, que comprende además

verificar el arreglo T de traslación introduciendo T en la ecuación

$$RP_j + T = \mu \begin{pmatrix} x_j^2 \\ y_j^2 \\ 1 \end{pmatrix}$$

15 con una pluralidad de puntos seleccionados de la nube de puntos estereoscópicos y sus puntos de proyección correspondientes del segundo arreglo proyectivo para obtener un recuento de puntos de coincidencia.

9. Un aparato para detectar un desplazamiento de una plataforma (200) móvil, que comprende:

un dispositivo (886) de generación de imagen para obtener un primer marco (811a) y un segundo marco (811b); y

20 un procesador para determinar el desplazamiento de la plataforma (200) móvil con base en el primer marco (811a) y el segundo marco (811b),

en donde el procesador está configurado para:

adquirir una altura de la plataforma (200) móvil;

adquirir un ángulo del dispositivo (886) de generación de imagen con respecto a un nivel (880) de suelo,

en donde el ángulo de la plataforma (200) móvil se adquiere a través de una Unidad de Medición Inercial ("IMU");

25 medir un ángulo de rotación de la plataforma (200) móvil con la IMU en relación con el primer marco (811a) para generar datos de rotación;

adquirir, con base en el primer marco (811a), una nube de puntos estereoscópicos,

en donde la nube de puntos estereoscópicos es un arreglo de puntos de características {P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>,..., P<sub>n</sub>};



adquirir un segundo arreglo proyectivo en un plano x-y  $\{(x_1^2, y_1^2), (x_2^2, y_2^2), (x_3^2, y_3^2), \dots, (x_m^2, y_m^2)\}$  del segundo marco (811b) con base en la nube de puntos estereoscópicos,

en donde la adquisición del segundo arreglo proyectivo comprende:

5 adquirir un primer arreglo proyectivo en un plano x-y  $\{(x_1^1, y_1^1), (x_2^1, y_2^1), (x_3^1, y_3^1), \dots, (x_n^1, y_n^1)\}$  del primer marco (811a) con base en la nube de puntos estereoscópicos; y

hacer coincidir una pluralidad de puntos de características de el primer arreglo proyectivo en el segundo marco (811b) para generar el segundo arreglo proyectivo  $\{(x_1^2, y_1^2), (x_2^2, y_2^2), (x_3^2, y_3^2), \dots, (x_m^2, y_m^2)\}$ ;

determinar un arreglo T de traslación con base en los datos de rotación, la nube de puntos estereoscópicos y el segundo arreglo proyectivo; y

10 calcular el desplazamiento de la plataforma móvil con base en el arreglo T de traslación;

siendo el aparato caracterizado porque la determinación de el arreglo T de traslación comprende:

15 calcular un número predeterminado de arreglos de traslación con base en una relación entre los datos de rotación y un número predeterminado de pares de un punto de característica y un punto de coincidencia correspondiente, en donde cada arreglo de traslación del número predeterminado de arreglos de traslación es calculado resolviendo un conjunto de ecuaciones para al menos dos puntos de características seleccionados de la nube de puntos estereoscópicos y sus dos puntos de coincidencia en el segundo arreglo proyectivo;

calcular, para cada arreglo de traslación, un número de puntos de características coincidentes en conformidad con la relación introduciendo cada arreglo de traslación en la relación; y

20 seleccionar un arreglo de traslación entre el número predeterminado de arreglos de traslación con un número máximo de puntos de características coincidentes para que sea el arreglo T de traslación.

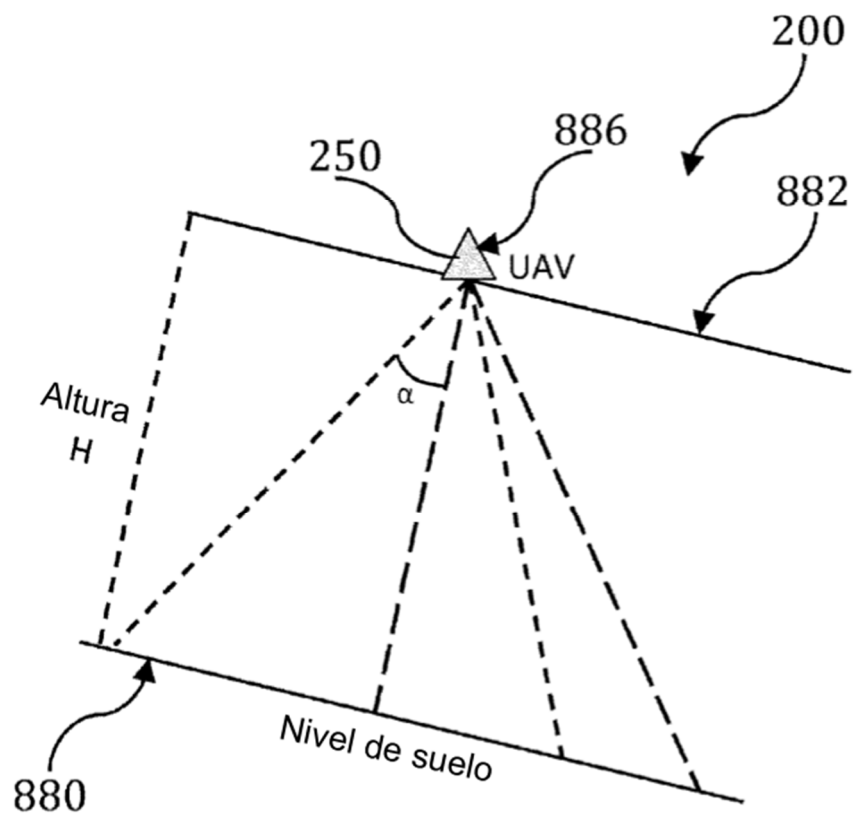
10. El aparato de la reivindicación 9, en donde el procesador está configurado para hacer coincidir el primer y segundo marcos (811a, 811b),

en donde el primer marco (811a) se superpone con el segundo marco (811b).

25 11. El aparato de la reivindicación 9, en donde el primer marco (811a) y el segundo marco (811b) se adquieren en diferentes puntos de tiempo.

[Fig. 1]

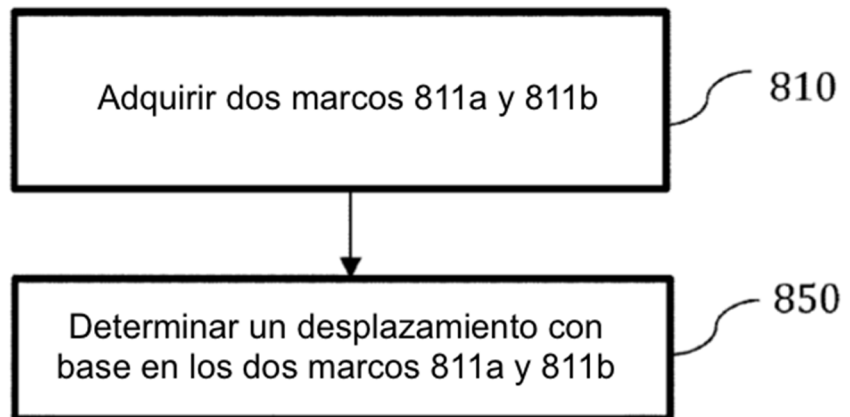
[Fig. 1]



[Fig. 2]

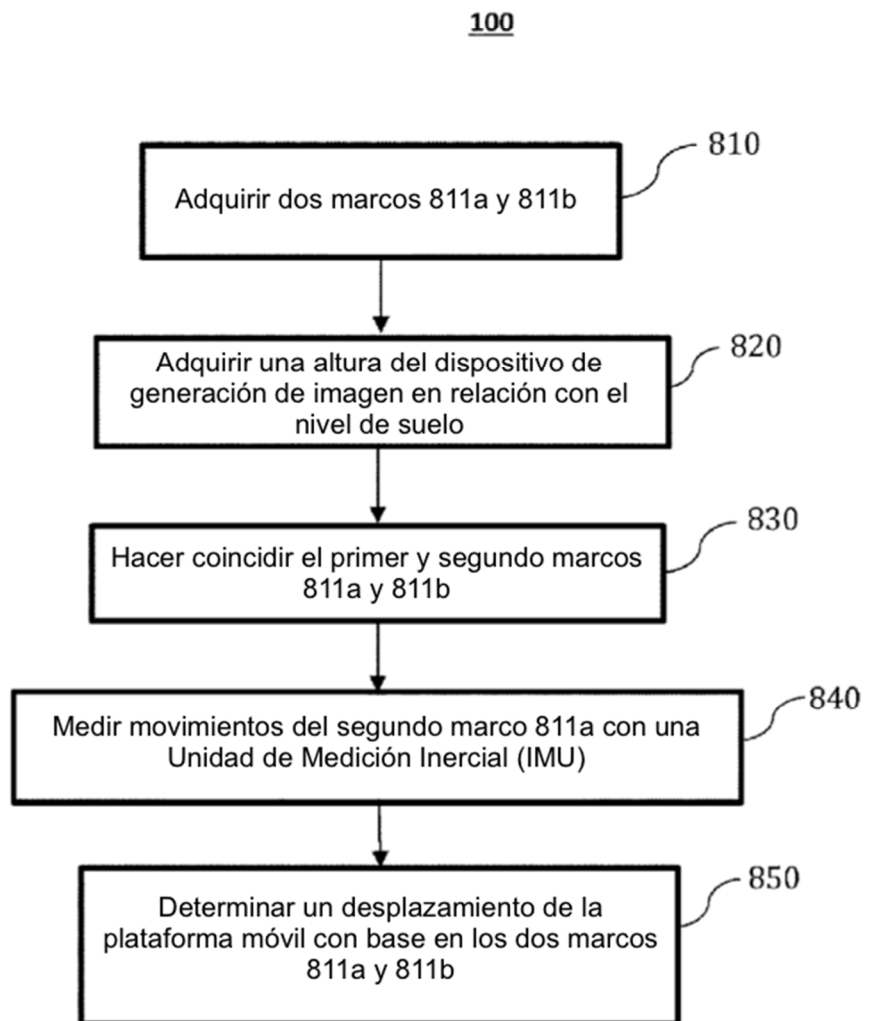
[Fig. 2]

100



[Fig. 3]

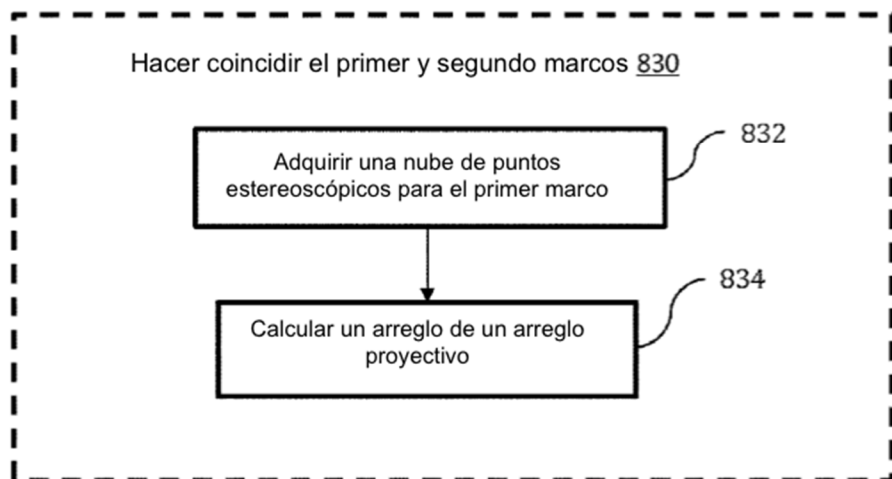
[Fig. 3]



[Fig. 4]

[Fig. 4]

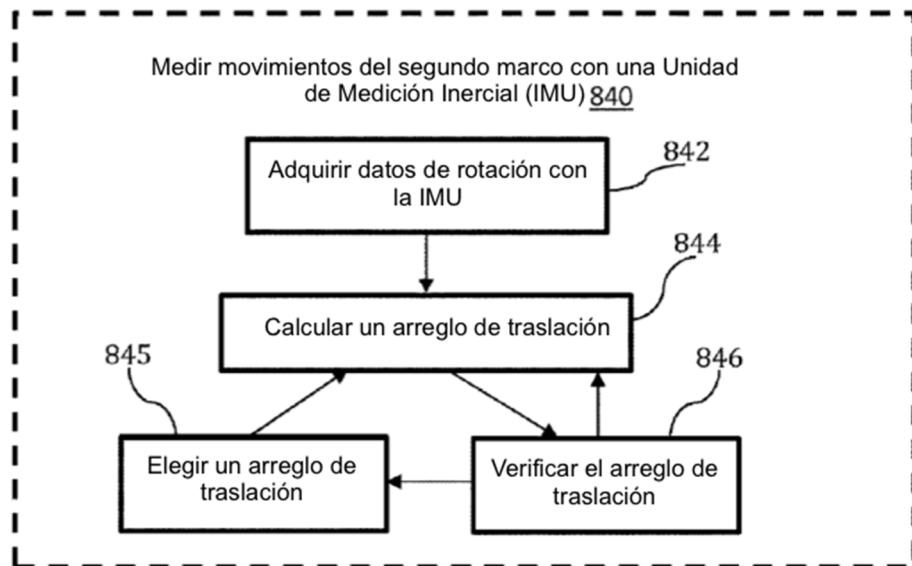
100



[Fig. 5]

[Fig. 5]

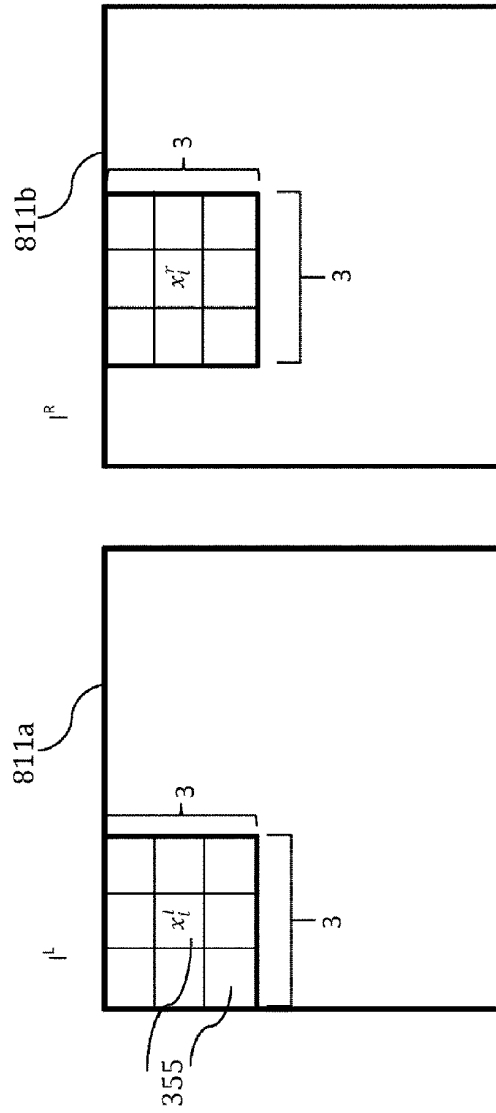
100



[Fig. 6]

[Fig. 6]

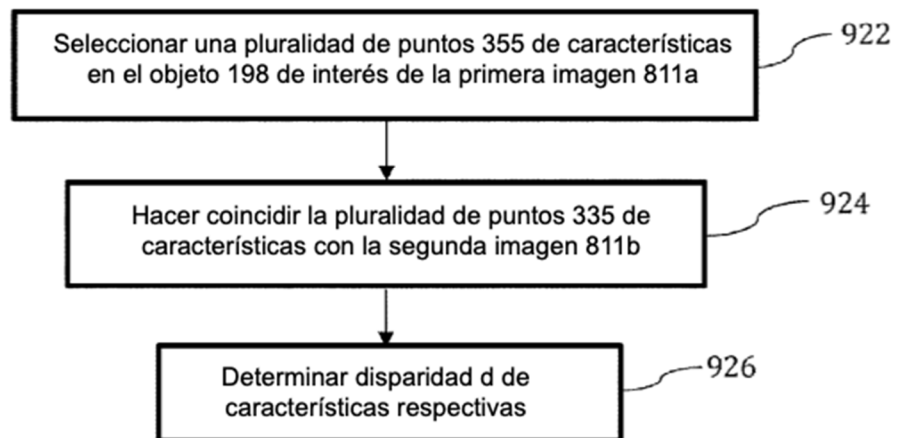
300



[Fig. 7]

[Fig. 7]

300





[Fig. 8]

[Fig. 8]

