

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 981 095**

51 Int. Cl.:

G01B 11/22 (2006.01)

B63B 39/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.03.2018** **PCT/AU2018/050247**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.10.2018** **WO18184058**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.03.2018** **E 18780808 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2024** **EP 3606812**

54 Título: **Método y sistema para determinar el calado de una embarcación**

30 Prioridad:

07.04.2017 AU 2017901297

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

07.10.2024

73 Titular/es:

TECHNOLOGICAL RESOURCES PTY LIMITED
(100.0%)

120 Collins Street
Melbourne, Victoria 3000, AU

72 Inventor/es:

EPSKAMP, TROY;
LOOI, EN-SHAN y
ZEELLENBERG, JONATHON

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 981 095 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

Método y sistema para determinar el calado de una embarcación

5 Campo de la invención

Esta invención se refiere al campo de la inspección del calado de embarcaciones y, en particular, aunque no exclusivamente, a los sistemas y métodos para realizar inspecciones automatizadas del calado de las embarcaciones utilizando mediciones ópticas y basadas en GPS/GNSS del calado de una embarcación amarrada en un muelle.

10 Antecedentes de la invención

El calado de una embarcación es la distancia desde la línea de flotación hasta el fondo del casco. Durante la carga y descarga de una embarcación es importante monitorizar el calado de la embarcación para garantizar que no esté sobrecargada o inestable, y que tenga suficiente espacio libre para los puertos a los que deba entrar o salir durante su próximo viaje.

La monitorización manual del calado de una embarcación durante la carga y descarga lleva mucho tiempo, y puede requerir personal para medir el calado en el lado oceánico de la embarcación desde un barco piloto o una embarcación similar.

La carga de graneleros y otras embarcaciones de carga puede interrumpirse mientras se lleva a cabo una inspección de calado. Esto aumenta el tiempo necesario para cargar la embarcación. La automatización de las inspecciones de calados tiene como objetivo aliviar algunos de estos problemas.

En el documento US-2009/112510 A1 se describe un sistema para determinar el calado de una embarcación.

Declaraciones de la invención

Según la presente invención, se proporcionan un método y un sistema para determinar el calado de una embarcación tal como se establece en las reivindicaciones independientes, con características opcionales del método y sistema establecidos en las reivindicaciones dependientes adjuntas. Se proporciona un método para determinar el calado de una embarcación, que comprende las etapas de:

medir el calado de la embarcación utilizando al menos un dispositivo de obtención de imágenes ópticas para proporcionar datos de medición óptica del calado;

medir el calado de la embarcación utilizando los datos de elevación proporcionados por al menos un dispositivo GNSS o GPS para así proporcionar datos de medición del calado de elevación; y

utilizando los datos de medición del calado de elevación y los datos de medición óptica del calado para determinar el calado de la embarcación.

El método puede comprender la etapa de capturar al menos una imagen óptica de las marcas de calado en el casco de la embarcación, utilizando al menos un dispositivo de obtención de imágenes ópticas;

llevar a cabo el procesamiento de reconocimiento óptico de caracteres (OCR, por sus siglas en inglés) de la imagen óptica para proporcionar datos de OCR; y

utilizar los datos de OCR en la determinación de los datos de medición óptica del calado.

El método puede comprender la etapa de medición del calado de la embarcación utilizando al menos un dispositivo de obtención de imágenes ópticas;

medir una distancia entre al menos un punto en el casco de la embarcación y el al menos un dispositivo de obtención de imágenes ópticas; y

medir un ángulo relativo entre la primera y la segunda posición de un eje óptico del dispositivo de obtención de imágenes ópticas, en donde la primera posición es una posición predeterminada, y la segunda posición es la posición del dispositivo de obtención de imágenes ópticas cuando se mide la distancia entre el dispositivo de obtención de imágenes ópticas y al menos un punto del casco.

El método puede comprender ubicar al menos un dispositivo de obtención de imágenes ópticas y al menos un dispositivo de medición de distancia por láser en una plataforma de giro e inclinación; y

operar el dispositivo de medición de distancia por láser para medir la distancia entre el al menos un dispositivo de obtención de imágenes ópticas y dicho al menos un punto en el casco de la embarcación;

5 y utilizar la plataforma de giro e inclinación para mover el dispositivo de obtención de imágenes ópticas a la segunda posición, y utilizar dicha plataforma de giro e inclinación para medir el ángulo relativo entre dicha primera posición y dicha segunda posición.

10 La primera posición del dispositivo de obtención de imágenes ópticas puede comprender que el eje óptico del dispositivo de obtención de imágenes ópticas se ubique en un ángulo sustancialmente perpendicular al eje longitudinal de un muelle en el que, o adyacente al cual, se encuentre dicho dispositivo de obtención de imágenes ópticas; y

medir el ángulo relativo entre dicha primera posición y dicha segunda posición, puede comprender medir el ángulo relativo en un plano horizontal y un plano vertical.

15 El método puede comprender el uso de mediciones de:

i) la distancia entre el dispositivo de obtención de imágenes ópticas y el casco; y

20 ii) el ángulo relativo entre la primera posición y la segunda posición,

para producir un conjunto de datos de datos tridimensionales de la ubicación de al menos un punto en la superficie del casco, al menos en las proximidades de un conjunto de marcas de calado.

El método puede comprender utilizar:

25 i) mediciones de la distancia entre el dispositivo de obtención de imágenes ópticas y el casco; y

ii) el ángulo relativo entre la primera posición y la segunda posición,

30 para determinar la anchura del casco de la embarcación, entre las marcas de calado correspondientes en los lados de babor y estribor del casco de la embarcación.

El método puede comprender la etapa de realizar una transformación en al menos una imagen que contenga al menos un conjunto de marcas de calado; la transformación utilizando el ángulo relativo entre la segunda posición en la que dicha imagen fue capturada por el dispositivo de obtención de imágenes ópticas y dicha primera posición.

El método puede comprender las etapas de:

40 obtener al menos una imagen que contenga al menos un conjunto de marcas de calado;

corregir dicha imagen para determinar el ángulo relativo entre la segunda posición en la que dicha imagen fue capturada por el dispositivo de obtención de imágenes ópticas y dicha primera posición, para así producir una imagen corregida; y

45 llevar a cabo el reconocimiento óptico de caracteres de dicha imagen corregida.

El método puede comprender la etapa de:

50 transformar dicha imagen para que parezca que el casco de la embarcación esté ubicado en un plano vertical, de modo que todos los puntos del casco de la embarcación parezcan como si estuvieran equidistantes del punto de visión del dispositivo de obtención de imágenes ópticas.

El método puede transformar la imagen para que parezca como si hubiera sido tomada por un dispositivo de obtención de imágenes ópticas:

55 i) ubicado en un punto de vista que sea:

a) perpendicular a un eje longitudinal del muelle contra el que esté atracada dicha embarcación; y

60 b) una distancia infinita del casco de la embarcación, y

ii) operar con un zoom infinito.

65 El método puede comprender la transformación que opera para transformar la imagen para que parezca como si todos los rayos de luz que forman la imagen sean paralelos entre sí y perpendiculares al plano en el que se forme la imagen.

Los rayos de luz pueden ser paralelos dentro de ambos planos horizontal y vertical.

El método puede comprender la transformación que transforma aún más la imagen para que parezca como si todos los puntos de la superficie del casco son equidistantes del punto de vista.

5 El método puede comprender medir el calado de la embarcación utilizando datos de elevación, comprende localizar al menos un dispositivo GNSS o GPS en la embarcación para así medir la elevación de la embarcación y, por lo tanto, obtener datos de elevación, y utilizar los datos de elevación para determinar el calado de la embarcación.

10 La etapa de medir el calado de la embarcación utilizando dichos datos de elevación puede comprender además, medir una marea para proporcionar datos de marea, y utilizar los datos de marea y los datos de elevación para determinar el calado de la embarcación.

El método puede comprender las etapas de:

15 posicionar al menos dos dispositivos GNSS o GPS en dicha embarcación en posiciones desplazadas lateralmente con respecto a un eje longitudinal de dicha embarcación;

medir los datos de elevación en dichos al menos dos dispositivos GNSS o GPS; y

20 utilizar los datos de elevación para determinar un ángulo de escora de la embarcación y, por lo tanto, proporcionar datos sobre el ángulo de escora.

25 El método puede comprender la etapa de utilizar los datos del ángulo de escora y los datos ópticos de calado para determinar una medición del calado de la embarcación para el lado oceánico de la embarcación.

El al menos un dispositivo de obtención de imágenes ópticas puede ubicarse en un muelle, y dicho método puede comprender además, la etapa de atracar dicha embarcación en dicho muelle antes de determinar dicha medición óptica de calado y dicha medición de calado de elevación.

30 El al menos un dispositivo de obtención de imágenes ópticas puede ubicarse en una posición fija en dicho muelle.

Al menos dos dispositivos de obtención de imágenes ópticas pueden ubicarse en dicho muelle en posiciones adecuadas para medir las marcas de calado en la proa y la popa de la embarcación.

35 El método puede comprender la etapa de realizar múltiples mediciones del calado de la embarcación durante la carga o descarga de la embarcación, para así proporcionar mediciones en tiempo real, o casi en tiempo real, del calado de la embarcación.

40 Se proporciona un sistema para determinar el calado de una embarcación, comprendiendo el sistema:

al menos un dispositivo de obtención de imágenes ópticas ubicado en un muelle, y al menos un dispositivo GNSS o GPS;

45 estando el sistema adaptado para funcionar según las etapas de:

medir el calado de la embarcación utilizando al menos un dispositivo de obtención de imágenes ópticas para proporcionar datos de medición óptica del calado;

50 medir el calado de la embarcación utilizando los datos de elevación proporcionados por el al menos un dispositivo GNSS o GPS para así proporcionar datos de medición del calado de elevación; y

utilizando los datos de medición del calado de elevación y los datos de medición óptica del calado para determinar el calado de la embarcación.

55 El sistema puede adaptarse, además, para utilizar los datos de medición de calado de elevación para validar los datos de medición óptica del calado, los cuales, si se validan, determinan el calado de la embarcación.

60 El sistema puede comprender además, una unidad de procesamiento de datos, y dicha etapa de medición del calado de la embarcación utilizando al menos un dispositivo de obtención de imágenes ópticas, puede comprender además:

capturar una imagen óptica de las marcas de calado en el casco de la embarcación; operar la unidad de procesamiento de datos para llevar a cabo el procesamiento de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) de la imagen óptica para así proporcionar datos de OCR; y

65

dicha unidad de procesamiento de datos procesa adicionalmente los datos de OCR al determinar los datos de medición óptica del calado.

5 La etapa de medición del calado de la embarcación utilizando al menos un dispositivo de obtención de imágenes ópticas, puede comprender además:

operar un dispositivo de medición para medir una distancia entre al menos un punto del casco de la embarcación y el al menos un dispositivo de obtención de imágenes ópticas; y

10 medir un ángulo relativo entre la primera y la segunda posición de un eje óptico de un dispositivo de obtención de imágenes ópticas, en donde la primera posición es una posición predeterminada, y la segunda posición es la posición del dispositivo de obtención de imágenes ópticas cuando se mide la distancia entre el dispositivo de obtención de imágenes ópticas y el al menos un punto del casco.

15 El sistema puede comprender además, una plataforma de giro e inclinación en la que se monte dicho al menos un dispositivo de obtención de imágenes ópticas y un dispositivo de medición de distancia por láser ubicado adyacente a dicho al menos un dispositivo de obtención de imágenes ópticas;

y dicho sistema puede adaptarse adicionalmente:

20 para operar el dispositivo de medición de distancia por láser para medir una distancia entre el al menos un dispositivo de obtención de imágenes ópticas y al menos un punto en el casco de la embarcación;

25 para operar la unidad de giro e inclinación para mover el dispositivo de obtención de imágenes ópticas entre al menos una primera posición predeterminada y una segunda posición en la que se mide dicha distancia entre dicho dispositivo de obtención de imágenes ópticas y dicho al menos un punto del casco; y

30 para operar la plataforma de giro e inclinación para medir el ángulo relativo entre al menos la primera posición predeterminada y la segunda posición.

En la primera posición, el eje óptico del al menos un dispositivo de obtención de imágenes ópticas puede ser sustancialmente perpendicular al eje longitudinal de un muelle en el cual, o adyacente al cual, se encuentre el dispositivo de obtención de imágenes ópticas; y

35 la etapa de medición del ángulo relativo entre la primera posición y la segunda posición, puede comprender medir el ángulo relativo en un plano horizontal y un plano vertical.

El sistema puede adaptarse para utilizar al menos una medición de:

40 la distancia entre el dispositivo de obtención de imágenes ópticas y el casco, y una medición correspondiente del ángulo relativo entre la primera posición y la segunda posición, en la que se mide dicha distancia para así producir un conjunto de datos de datos tridimensionales de la ubicación de al menos un punto en la superficie del casco de la embarcación, al menos en las proximidades de un conjunto de marcas de calado.

45 El sistema puede utilizar el conjunto de datos de datos tridimensionales de al menos un punto de la superficie del casco, para determinar la anchura del casco de la embarcación entre las marcas de calado correspondientes en los lados de babor y estribor del casco de la embarcación.

50 El sistema puede realizar una transformación de al menos una imagen que contenga al menos un conjunto de marcas de calado; utilizando la transformación el ángulo relativo entre la posición del dispositivo de obtención de imágenes ópticas en el que se tomó dicha imagen y la primera posición predeterminada.

El sistema puede adaptarse para operar según las etapas de:

55 operar al menos un dispositivo de obtención de imágenes ópticas para obtener al menos una imagen que contenga al menos un conjunto de marcas de calado en el casco de la embarcación; y

60 corregir dicha imagen para el ángulo relativo entre la primera posición predeterminada de dicho dispositivo de obtención de imágenes ópticas y una segunda posición en la que dicha imagen fue capturada por dicho dispositivo de obtención imágenes ópticas, para así producir al menos una imagen corregida; y

llevar a cabo el reconocimiento óptico de caracteres de dicha al menos una imagen corregida.

65 El sistema puede adaptarse para operar según la etapa de:

transformar dicha imagen para que parezca que el casco de la embarcación esté ubicado en un plano vertical, de modo que todos los puntos del casco de la embarcación parezcan como si estuvieran equidistantes del punto de visión del dispositivo de obtención de imágenes ópticas.

5 El sistema puede adaptarse para transformar al menos una imagen:

i) para que parezca como si hubiera sido tomada por un dispositivo de obtención de imágenes ópticas ubicado en un punto de vista que sea:

10 a) perpendicular a un eje longitudinal del muelle contra el que esté atracada dicha embarcación; y

b) una distancia infinita del casco de la embarcación, y

15 ii) para que parezca como si dicho dispositivo de obtención de imágenes ópticas funcionara con un zoom infinito para capturar dicha al menos una imagen desde dicho punto de vista.

El sistema puede adaptarse para transformar la imagen para que parezca como si todos los rayos de luz que forman la imagen son paralelos entre sí y perpendiculares al plano en el que se forma la imagen.

20 Los rayos de luz pueden ser paralelos entre sí tanto horizontal como verticalmente.

El método puede comprender la transformación que transforma aún más la imagen para que parezca como si todos los puntos de la superficie del casco son equidistantes del punto de vista.

25 La medición del calado de la embarcación utilizando datos de elevación puede comprender ubicar al menos un dispositivo GNSS o GPS en la embarcación para así medir la elevación de la embarcación y obtener así dichos datos de elevación, y utilizar los datos de elevación para determinar los datos de medición de calado de elevación.

30 La etapa de medir el calado de la embarcación utilizando dichos datos de elevación puede comprender además, medir una marea en las proximidades de la embarcación para proporcionar datos de marea, y utilizar los datos de marea y los datos de elevación para determinar los datos de medición de calado de elevación.

35 El sistema puede comprender al menos dos dispositivos GNSS o GPS, uno de los cuales puede ubicarse en el lado de babor de dicha embarcación, y otro de los cuales puede ubicarse en el lado de estribor de dicha embarcación, para proporcionar así datos de elevación a babor y datos de elevación a estribor; y

el dispositivo de procesamiento puede procesar los datos de elevación a babor y los datos de elevación a estribor, para determinar un ángulo de escora de la embarcación para así proporcionar datos de ángulo de escora.

40 El sistema puede utilizar los datos del ángulo de escora y datos ópticos del calado de un lado del muelle de la embarcación para determinar los datos de medición del calado para el lado oceánico de la embarcación.

El sistema puede comprender además:

45 al menos dos dispositivos GNSS o GPS ubicados en ubicaciones separadas, espaciadas en una dirección longitudinal del casco para proporcionar los datos de elevación de proa y los datos de elevación de popa; y

puede operar la unidad de procesamiento para así procesar los datos de elevación de proa y los datos de elevación de popa, para determinar un ángulo de cabeceo de la embarcación.

50 El al menos un dispositivo de obtención de imágenes ópticas puede ubicarse en un muelle adaptado para atracar dicha embarcación.

55 El dispositivo de obtención de imágenes ópticas puede ubicarse en una posición fija en dicho muelle. Al menos dos de dichos dispositivos de obtención de imágenes ópticas pueden ubicarse en dicho muelle en posiciones adecuadas para medir las marcas de calado en la proa y la popa de una embarcación.

El sistema puede adaptarse para realizar múltiples mediciones del calado de la embarcación durante la carga o descarga, para así proporcionar una medición en tiempo real, o casi en tiempo real, del calado de la embarcación.

60 Se proporciona un método para determinar el calado de una embarcación utilizando al menos un dispositivo de obtención de imágenes ópticas, que comprende:

65 operar el dispositivo de obtención de imágenes ópticas para capturar una imagen óptica de las marcas de calado en el casco de la embarcación;

llevar a cabo el procesamiento de reconocimiento óptico de caracteres (OCR, por sus siglas en inglés) de la imagen óptica para proporcionar datos de OCR; y

utilizar los datos de OCR para determinar los datos de medición óptica del calado de la embarcación.

El método puede comprender además:

medir una distancia entre al menos un punto en el casco de la embarcación y el al menos un dispositivo de obtención de imágenes ópticas; y

medir un ángulo relativo entre la primera y la segunda posición de un eje óptico del dispositivo de obtención de imágenes ópticas, en donde la primera posición es una posición predeterminada, y la segunda posición es la posición del dispositivo de obtención de imágenes ópticas cuando se mide la distancia entre el dispositivo de obtención de imágenes ópticas y al menos un punto del casco.

El al menos un dispositivo de obtención de imágenes ópticas puede ubicarse en una plataforma de giro e inclinación, y al menos un dispositivo de medición de distancia por láser puede ubicarse adyacente al al menos un dispositivo de obtención de imágenes ópticas.

El método puede comprender además, operar el dispositivo de medición de distancia por láser para medir la distancia entre el al menos un dispositivo de obtención de imágenes ópticas y dicho al menos un punto en el casco de la embarcación;

y utilizar la plataforma de giro e inclinación para mover el dispositivo de obtención de imágenes ópticas a la segunda posición, y utilizar dicha plataforma de giro e inclinación para medir el ángulo relativo entre dicha primera posición y dicha segunda posición.

En la primera posición, el eje óptico del dispositivo de obtención de imágenes ópticas puede ser sustancialmente perpendicular a un eje longitudinal de un muelle en el cual, o adyacente al cual, se encuentre dicho dispositivo de obtención de imágenes ópticas;

y medir el ángulo relativo entre dicha primera posición y dicha segunda posición, puede comprender medir el ángulo relativo en un plano horizontal y un plano vertical.

El método puede comprender además, el uso de mediciones de:

i) la distancia entre el dispositivo de obtención de imágenes ópticas y el casco; y

ii) el ángulo relativo entre la primera posición y la segunda posición,

para producir un conjunto de datos tridimensionales de la ubicación de al menos un punto en la superficie del casco al menos en las proximidades de un conjunto de marcas de calado.

El método puede comprender además, la etapa de utilizar mediciones de:

i) la distancia entre el dispositivo de obtención de imágenes ópticas y el casco; y

ii) el ángulo relativo entre la primera posición y la segunda posición,

para determinar la anchura del casco de la embarcación, entre las marcas de calado correspondientes en los lados de babor y estribor del casco de la embarcación.

El método puede comprender además, la etapa de realizar una transformación en al menos una imagen que contenga al menos un conjunto de marcas de calado; la transformación puede utilizar el ángulo relativo entre la segunda posición en la que dicha imagen fue capturada por el dispositivo de obtención de imágenes ópticas, y dicha primera posición.

El método puede comprender además, las etapas de:

obtener al menos una imagen que contenga al menos un conjunto de marcas de calado;

corregir dicha imagen para determinar el ángulo relativo entre la segunda posición en la que dicha imagen fue capturada por el dispositivo de obtención de imágenes ópticas y dicha primera posición, para así producir una imagen corregida; y

llevar a cabo el reconocimiento óptico de caracteres de dicha imagen corregida.

El método puede comprender además, la etapa de transformar dicha imagen para que parezca como si el casco de la embarcación esté ubicado en un plano vertical, por lo que todos los puntos del casco de la embarcación aparecen como si estuvieran equidistantes del punto de visión del dispositivo de obtención de imágenes ópticas.

5 La transformación puede operar para transformar la imagen para que aparezca como si se tomase por un dispositivo de obtención de imágenes ópticas:

i) ubicado en un punto de vista que sea:

10 a) perpendicular a un eje longitudinal del muelle contra el que está atracada dicha embarcación, y

b) una distancia infinita del casco de la embarcación, y

ii) operar con un zoom infinito.

15 La transformación puede operar para transformar la imagen para que parezca como si todos los rayos de luz que forman la imagen son paralelos entre sí y perpendiculares al plano en el que se forma la imagen.

Breve descripción de los dibujos

20 Las realizaciones se describirán ahora con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la Figura 1 es una representación esquemática en vista en planta de una embarcación amarrada en un muelle;

25 la Figura 2 es una representación esquemática en vista frontal de una embarcación amarrada en un muelle y que muestra el calado de la embarcación;

la Figura 3 es una vista lateral esquemática de la proa de una embarcación amarrada en un muelle, que muestra una escala de calado;

30 la Figura 4 es una vista frontal esquemática de la escala de calado de la Figura 3, con mayor detalle;

la Figura 5a es una representación de una imagen óptica del calado de la Figura 3, obtenida de un dispositivo de obtención de imágenes ópticas ubicado en un muelle y dispuesto en ángulo con respecto a la escala de calado;

35 la Figura 5b es una representación de la imagen de la Figura 5a cuando se corrige para el ángulo en el que se obtuvo la imagen;

la Figura 5c es una representación esquemática de la transformación realizada en la imagen de la Figura 5a;

40 la Figura 6a es una representación de una embarcación sin escora;

la Figura 6b es una representación de una embarcación que está escorada;

45 la Figura 7 ilustra un proceso para determinar el calado de una embarcación utilizando mediciones ópticas;

la Figura 8 ilustra un proceso para detectar automáticamente la posición de las marcas de calado en un casco;

50 la Figura 9 ilustra un proceso para corregir una imagen de una marca de calado de modo que se pueda determinar el calado de una embarcación;

la Figura 10 ilustra un proceso para determinar la marca de calado de una escala de calado adyacente a la línea de flotación de la embarcación;

55 la Figura 11 ilustra un método basado en mediciones ópticas, láser y de marea (OLT, por sus siglas en inglés) para determinar el calado de una embarcación;

la Figura 12 ilustra un proceso para determinar el nivel del agua en una imagen y para calcular el calado de una embarcación; y

60 la Figura 13 ilustra un proceso para combinar mediciones de calado basadas en el nivel de flotación, mediciones de calado basadas en OLT y mediciones de calado basadas en GNSS de una embarcación.

Descripción de realizaciones específicas

65

Las realizaciones de la presente invención proporcionan sistemas y métodos para automatizar las mediciones del calado de una embarcación cuando está atracada en un muelle para su carga o descarga. Dichas realizaciones pueden proporcionar tanto mediciones ópticas como mediciones del sistema global de navegación por satélite (GNSS, por sus.

5 siglas en inglés) del calado de una embarcación. Los resultados de medición de cualquiera de estos sistemas pueden utilizarse para validar una medición de la inspección de calado mediante el otro sistema. En una realización, se utiliza un sistema basado en GPS o GNSS para validar la precisión, o la probabilidad de un error, en una medición de inspección de calado mediante un sistema óptico.

10 El calado de una embarcación es la distancia desde la línea de flotación hasta la parte inferior del casco de la embarcación (como se muestra en la Figura 2). El calado de una embarcación normalmente cambia con la carga y descarga de la embarcación y con los cambios en el lastre.

15 Las embarcaciones suelen tener escalas 300 de calados y líneas *Plimsoll* marcadas en el casco. La escala 300 de calado es una serie de números pintados verticalmente en el casco, como se representa en las Figuras 3 y 4. El calado de la embarcación se mide leyendo la escala de calado ubicada en la línea 125 de flotación. Una embarcación normalmente tiene seis escalas de calado marcadas en su casco, dos adyacentes a la proa 130 (una a babor y otra a estribor), dos adyacentes a la popa 135 (una a babor y otra a estribor), y dos en la sección media del barco (una a babor y otra a estribor).

20 La línea *Plimsoll* es una línea que indica la carga máxima de la embarcación. Puede haber varias líneas *Plimsoll* en el costado de una embarcación que estén marcadas para indicar la carga máxima para cuando la embarcación se encuentre en aguas tropicales, aguas frías y en diferentes épocas del año.

25 Haciendo referencia ahora a las Figuras 1 y 2, se muestra una embarcación 100 atracada en un muelle 105. La embarcación 100 tiene seis unidades GNSS 115 ubicadas en su cubierta superior, que consisten en dos adyacentes a la proa de la embarcación 130 (una a babor y otra a estribor), dos en la sección media del barco (una a babor y otra a estribor), y dos adyacentes a la popa de la embarcación 135 (una adyacente a babor y otra adyacente a estribor). Las unidades GNSS 115 se instalan cuando la embarcación llega a puerto, o cuando la embarcación atraque en el muelle 105, y operan para comunicar los datos de posición GNSS con una unidad 155 de control. Las unidades GNSS están adaptadas para comunicar datos de elevación, latitud y longitud con la unidad 155 de control a través de una red inalámbrica ubicada en el puerto donde esté atracada la embarcación.

30 En esta realización, la unidad 155 de control está ubicada a distancia remota del muelle 105, y comprende un procesador, una memoria, un sistema operativo y un programa automatizado de inspección de calado. La unidad 155 de control puede estar en comunicación con una red inalámbrica ubicada en el puerto.

35 En la realización de la Figura 1, tres dispositivos 110 de obtención de imágenes ópticas están ubicados en el muelle 105. Los dispositivos 110 de obtención de imágenes ópticas están ubicados en unidades 160 de montaje de giro/inclinación. Los dispositivos 110 de obtención de imágenes ópticas y las unidades 160 de montaje de giro/inclinación están en comunicación con la unidad 155 de control y el programa automatizado de inspección de calado, y son controlados por ellos. Las realizaciones alternativas tienen un número diferente de dispositivos 110 de obtención de imágenes ópticas, tales como uno o dos dispositivos de obtención de imágenes ópticas.

40 Los dispositivos 110 de obtención de imágenes ópticas están montados en una posición fija en el muelle 105, o en el puerto, o pueden ser móviles con respecto al muelle 110 y la embarcación 100, y un operador puede ubicarlos manualmente junto a una embarcación después de que atraque, o pueden montarse en vías o raíles que permiten controlar la ubicación de los dispositivos de obtención de imágenes ópticas en las vías o raíles mediante la unidad 155 de control.

45 En una realización con tres dispositivos 110 de obtención de imágenes ópticas, los dispositivos 110 de obtención de imágenes ópticas y los montajes 160 de giro e inclinación, se ubican en el muelle 105 o junto a él, junto a las marcas de escala de calado de la embarcación 300, una en la proa 130, una en la sección media del barco, y otra en la popa de la embarcación 135.

50 La unidad 155 de control opera cada dispositivo 110 de obtención de imágenes ópticas y los correspondientes montajes 160 de giro e inclinación, para así capturar una o más imágenes ópticas de una escala 300 de calado. Estas imágenes pueden capturarse como vídeo o como imágenes fijas, aunque normalmente se capturan como vídeo. La unidad 155 de control procesa entonces las imágenes ópticas utilizando un software de procesamiento de imágenes (como se describe más adelante), incluido el software de reconocimiento óptico de caracteres (OCR), para determinar la marca de la escala de calado adyacente a la línea 125 de flotación. Esto proporciona una medición óptica del calado de la embarcación 100 en la ubicación correspondiente (es decir, en la proa, la popa o en la sección media del barco) y en el costado de la embarcación que resulta estar adyacente al muelle (babor o estribor).

55 La unidad 155 de control también obtiene datos GNSS de las unidades GNSS 115, y procesa estos datos para determinar el calado del barco en las seis ubicaciones de calado del casco. Para ello, la unidad 155 de control puede

utilizar datos de latitud, longitud y elevación de las seis unidades GNSS para encajar una superficie al barco alrededor de las unidades GNSS. Esta superficie, junto con los datos de marea del sensor 140 de mareas, se utiliza en el cálculo del calado de la embarcación. El sensor 140 de mareas se ubica normalmente en el puerto o el muelle 105, y proporciona datos en tiempo real, o casi en tiempo real, en cuanto a la elevación relativa de la marea. La diferencia entre el nivel relativo de la línea 125 de flotación y la elevación de la superficie derivada de la ubicación de las seis unidades GNSS, se puede utilizar para determinar la altura de la superficie por encima del nivel de flotación adyacente a cada una de las escalas de calado. Esta información se puede combinar con una medición inicial óptica del calado de la embarcación, para identificar el calado de la embarcación que corresponde a la diferencia particular de elevación entre la superficie y la marea. A medida que la embarcación se carga o descarga, los cambios en la elevación de la superficie y la marea proporcionan una medida de cualquier cambio en el calado de la embarcación.

A medida que avanza la carga o descarga de la embarcación, la medida basada en el GNSS del calado de la embarcación puede utilizarse para verificar las mediciones ópticas posteriores del calado de la embarcación. De manera alternativa, la medida basada en el GNSS del calado de la embarcación puede sustituirse por una medición óptica del calado de la embarcación si no se puede obtener una medición óptica, o se considera imprecisa o poco fiable.

La unidad 155 de control también puede acceder a los datos del GNSS para determinar el ángulo de escora de la embarcación. Esto se determina inicialmente a partir de la diferencia de elevación entre las unidades GNSS ubicadas en los lados de babor y estribor de la embarcación en la parte media del barco. Como se representa en las Figuras 6a y 6b, la diferencia de elevación entre el lado de estribor y el lado de babor de la embarcación puede utilizarse para calcular la escora de la embarcación.

Una vez que se determina la diferencia de elevación entre las unidades GNSS en la parte media del barco, esta información se puede utilizar para calibrar la diferencia de elevación entre cualquier unidad GNSS ubicada a proa y popa de la embarcación. Esta calibración es necesaria ya que la cubierta y/o la barandilla ubicadas en la proa y la popa de la embarcación pueden inclinarse. El efecto de cualquier pendiente en la cubierta o la barandilla es que la desalineación de las unidades GNSS de babor y estribor probablemente proporcionen datos imprecisos sobre el ángulo de escora de la embarcación. Al corregir cualquier diferencia en la elevación de las unidades GNSS de babor y estribor ubicadas en la proa y la popa de la embarcación, es posible utilizar los datos de elevación de estas unidades GNSS para determinar el ángulo de escora de la embarcación durante la carga. Esto es útil cuando, por ejemplo, una de las unidades GNSS en la parte media del barco deje de funcionar durante la carga de la embarcación.

El ángulo de escora en la proa 130 y la anchura de la embarcación en la línea de flotación adyacente a la proa, pueden utilizarse para calcular la medición del calado adyacente a la proa 130 en el lado oceánico de la embarcación. Esto puede repetirse para cada una de las escalas de calado del lado oceánico de la embarcación, es decir, las escalas de calado adyacentes a la popa 135 y a la parte media del barco.

El calado de la embarcación 100 puede monitorizarse durante la carga y la descarga repitiendo las anteriores mediciones del calado de la embarcación, ópticas y las basadas en GNSS, a intervalos regulares durante todo el proceso de carga y descarga. Se puede obtener una medición del calado al menos una vez por minuto durante la carga o descarga, y preferiblemente con más frecuencia que esta, para así proporcionar mediciones en tiempo real, o casi en tiempo real, del calado de la embarcación durante la carga y/o descarga.

Realizaciones alternativas ubican un dispositivo de medición de distancia, tal como un dispositivo de medición de distancia basado en láser, adyacente al dispositivo 110 de obtención de imágenes ópticas y a la unidad 160 de giro/inclinación. El dispositivo de medición de distancia por láser se puede operar junto con la unidad 160 de giro/inclinación para así escanear el casco de la embarcación 100 y generar un conjunto de datos de la distancia desde la unidad 160 de giro/inclinación de varios puntos de la superficie del casco. Estos datos pueden combinarse con la información del ángulo de giro e inclinación, de modo que se conozca la distancia desde la unidad de giro/inclinación de varios puntos del casco, junto con el ángulo relativo de estos puntos con respecto a una posición predeterminada de la unidad de giro/inclinación. A partir de esta información, se puede generar un conjunto de datos del perfil tridimensional de la superficie del casco. Cualquier conjunto de datos de este tipo normalmente tiene una resolución de al menos cuatro puntos de escaneo por metro cuadrado del casco.

El conjunto de datos tridimensionales del casco y el ángulo relativo de los puntos de escaneo en el casco con respecto a la posición predeterminada de la unidad 160 de giro/inclinación (y el dispositivo 110 de obtención de imágenes ópticas) pueden utilizarse para transformar imágenes ópticas de la escala 300 del calado, de modo que la imagen pueda procesarse a fin de determinar el calado de la embarcación.

Haciendo referencia ahora a las Figuras 3 y 4, en la Figura 3 se muestra una escala 300 de calado ubicada adyacente a la proa 130 de la embarcación 100. La escala de calados consiste en marcas de metro, con marcas de 10 cm entre sí. En las Figuras 3 y 4 son visibles las marcas de 19 metros y de 18 metros de la escala de calado, y también son visibles las marcas de 80 cm, 60 cm, 40 cm y 20 cm entre ellas.

La escala 300 de calado se muestra con mayor detalle en la Figura 4, que muestra que la línea 125 de flotación interseca con el número “4” (es decir, una marca de 40 cm), que está por debajo de la marca de 18 metros de la escala de calado. Se puede ver una marca de 19 metros en la escala de calado por encima de la marca de 18 metros de la escala de calado. La marca de 17 metros de la escala de calado no se puede ver, ya que está por debajo de la línea 125 de flotación. La línea 125 de flotación adyacente al número “4”, que está por debajo de la marca de 18 metros, indica que el calado del casco es de 17,4 metros. La línea 170 que pasa por la marca de 18,2 metros representa un cambio en el color del casco de la embarcación.

A continuación, se hace referencia a las Figuras 5a, 5b y 5c. En la Figura 5a se muestra una imagen de una escala 300 de calado que se tomó con el eje óptico del dispositivo 110 de obtención de imágenes ópticas colocado en un ángulo que no es horizontal y que no es perpendicular al eje longitudinal del muelle.

La Figura 5b muestra una imagen transformada de la escala de calado de la Figura 5a. La Figura 5c es una representación esquemática de la transformación que se realizó en la imagen de la Figura 5a a fin de producir la imagen de la Figura 5b. La imagen de la Figura 5a se tomó cuando el dispositivo de obtención de imágenes ópticas estaba colocado en la ubicación A, con el dispositivo de obtención de imágenes ópticas en posición con ángulos de giro e inclinación con respecto a una posición predeterminada. La transformación funciona para ajustar la imagen para que parezca como si la imagen se tomase cuando el dispositivo 110 de obtención de imágenes ópticas estuviera colocado en la ubicación B. La transformación funciona para producir una imagen que parece como si se tomase por un dispositivo de obtención de imágenes ópticas colocado en un punto de visualización que está a una distancia infinita del casco de la embarcación, y el dispositivo de obtención imágenes ópticas tiene un zoom infinito. Además, la transformación puede corregir todos los puntos de la imagen para que parezcan como si estuvieran equidistantes del punto de visualización.

El efecto de la transformación es que se produce una imagen como si todos los rayos de luz de la superficie del casco que componen la imagen fueran horizontales y paralelos entre sí, y emanaran de puntos equidistantes del punto de visualización de la imagen. La transformación mejora la fiabilidad del procesamiento de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) realizado en los números de referencia que componen la escala de calado, y también mejora la fiabilidad a la hora de determinar el nivel del agua en la imagen. La transformación también puede preservar la ubicación relativa de los píxeles de la imagen en un espacio cartesiano, de modo que se pueda determinar la distancia desde cualquier píxel a la superficie del agua.

En otras palabras, el algoritmo de corrección de imagen funciona para hacer que el punto de visualización de todos los píxeles sea directamente perpendicular al muelle y paralelo a la superficie del agua a una distancia constante. Esta transformación permite que las marcas de calado pintadas en el casco se coloquen en la imagen en línea vertical recta y tengan el mismo tamaño relativo. El nivel del agua también termina sustancialmente horizontal, de modo que el nivel del agua se pueda determinar en cualquier punto a lo largo de la línea de flotación sin que el nivel medio del agua sea mayor o menor en diferentes posiciones a lo largo de la línea de flotación.

A continuación, se proporcionan detalles adicionales de los métodos y sistemas de las realizaciones. En particular, el sistema puede componerse de varios subsistemas, incluido un subsistema de visión artificial, un subsistema GNSS; un subsistema de mareas; un subsistema de estimación de calado; y una interfaz de usuario. A continuación, cada uno de estos subsistemas se describirá con mayor detalle.

El subsistema de visión artificial puede comprender:

a) un paquete de sensores ubicado en el muelle adyacente a cada marca de calado (normalmente, en 3 posiciones: en la proa, en la parte media del barco, y en la popa). Cada paquete de sensores puede constar de:

- i. una unidad de giro/inclinación motorizada (PTU, por sus siglas en inglés)
- ii. una cámara de vídeo de luz visible de alta definición con zoom motorizado montada en la PTU.
- iii. un medidor de distancias por láser preciso (dispositivo de medición) montado en la PTU y alineado con la cámara.
- iv. un foco de haz de luz montado en la PTU y alineado con la cámara.
- v. soportes de montaje y herrajes para fijar los sensores a la PTU y la PTU al muelle.
- vi. equipos para permitir la comunicación remota con los sensores.

b) un servidor informático central que ejecuta software y algoritmos, que consiste en:

- i. un ordenador capaz de ejecutar algoritmos complejos de visión artificial en paralelo.

ii. software de control de paquetes de sensores para enviar comandos a los paquetes de sensores (p. ej., para configurar el giro, la inclinación y el zoom) y para recibir vídeo y datos de los paquetes de sensores.

iii. software de algoritmos de visión artificial para detectar la posición de las marcas de calado, y calcular el calado a partir de los vídeos y datos del paquete de sensores.

iv. una base de datos para almacenar los resultados de los algoritmos de visión artificial.

Un subsistema GNSS puede comprender:

a) sensores móviles RTK-GNSS (Sistema de navegación global y cinemática en tiempo real) que se montan en las barandillas de la embarcación cerca de cada uno de los conjuntos de marcas de calado (normalmente, 6 juegos de marcas de calado).

b) una red de radio para la comunicación entre un servidor informático central y los sensores GNSS móviles.

c) un servidor informático central que ejecuta software y algoritmos, que consiste en:

i. software para comunicarse con los sensores RTK-GNSS móviles.

ii. software de modelos matemáticos para convertir los datos del GNSS y los datos de las mareas, en valores de calado y escora.

iii. una base de datos para almacenar los datos de configuración y los resultados del software del modelo matemático.

Un subsistema de mareas puede comprender un sistema para medir el nivel de marea en el puerto y/o el muelle, en tiempo real, o casi en tiempo real. Puede proporcionar los valores de marea medidos al servidor informático central a través de un sistema y red informáticos.

Un subsistema de estimación de calado puede comprender:

a) un software que toma los datos de medición de calados, a partir del subsistema de visión artificial y del subsistema GNSS, y calcula un calado estimado para la embarcación, o la correspondiente escala de calado de la embarcación; y

b) una base de datos para almacenar los calados estimados resultantes.

Un subsistema de interfaz de usuario puede comprender:

a) un ordenador móvil (p. ej., una tableta) que pueda llevarse a bordo de la embarcación.

b) una aplicación web que funcione en el ordenador móvil, y que muestre en tiempo real, o casi en tiempo real:

i. el calado estimado en cada posición de marca de calado.

ii. vídeo de la interfaz entre el agua y la marca de calado en cada posición de marca de calado al lado del muelle; preferiblemente se muestran tanto imágenes de vídeo originales como las transformadas.

iii. información sobre el estado actual de carga de la embarcación (p. ej., las toneladas cargadas en cada bodega).

c) Una red inalámbrica para permitir que el ordenador móvil se comunique con la aplicación web y el servidor informático de control.

La combinación del subsistema de visión artificial y el subsistema GNSS, permite mediciones del calado tanto en el muelle como en el lado oceánico de la embarcación.

Haciendo referencia ahora a la Figura 7, se ilustra un proceso para determinar el calado de la embarcación en los lados del muelle y oceánico utilizando datos de medición óptica de calado y datos de medición de calado del GNSS. En particular:

en la etapa 701, se genera un conjunto de datos bidimensionales del ancho de la embarcación en relación con el calado en cada conjunto de marcas de calado a partir de los resultados de medición del casco tomados por el subsistema de visión artificial;

en la etapa 702, los calados del lado del muelle se miden ópticamente mediante el subsistema de visión artificial; y

en la etapa 703, los calados del lado oceánico se determinan corrigiendo los calados del lado del muelle por la escora de la embarcación medida por el subsistema GNSS y la distancia entre las marcas de calado a cada lado de la embarcación al nivel del agua.

El subsistema de visión artificial puede proporcionar la detección automática de la posición de las marcas de calado en el casco para así evitar o minimizar la necesidad de que el operador coloque físicamente o controle a distancia la unidad 160 de giro/inclinación o el zoom del dispositivo de obtención de imágenes ópticas:

Haciendo referencia ahora a la Figura 8, se ilustra un proceso para que el subsistema de visión artificial detecte automáticamente la posición de las marcas de calado en el casco. En particular:

en la etapa 801, el paquete de sensores (es decir, el dispositivo 110 de obtención de imágenes ópticas, la unidad 160 de giro/inclinación, y el dispositivo de medición de distancia por láser) se gira para detectar el final de la embarcación;

en la etapa 802, se recopila un conjunto de datos de imágenes, ángulos de giro/inclinación, y mediciones de distancia para una sección horizontal de la embarcación 100, que se prevé que contenga las marcas 300 de calado y la línea 125 de flotación;

en la etapa 803, los ángulos de giro/inclinación y las mediciones de distancia se convierten en un perfil 3D del casco de la embarcación en un espacio cartesiano;

en la etapa 804, cada una de las imágenes del conjunto de datos se transforma en un punto de visualización directamente en frente (igual a una cámara con zoom infinito, que es una distancia infinita de la embarcación, perpendicular a la longitud del muelle y a nivel horizontal) utilizando el perfil 3D del casco de la embarcación (mencionado anteriormente);

en la etapa 805, se realiza un seguimiento del centro de la imagen en el espacio durante toda la transformación, y los píxeles por metro se mantienen constantes de manera que se pueda calcular la ubicación cartesiana de cualquier píxel en cualquier imagen;

en la etapa 806, se lleva a cabo un algoritmo de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) en las imágenes transformadas, para determinar la probabilidad de que existan marcas de calado en la imagen y la posición de las marcas de calado en cada imagen; y

en la etapa 807, un algoritmo toma la probabilidad de que existan marcas de calado y la posición de las marcas de calado en todas las imágenes, para calcular la ubicación general más probable de las marcas de calado en la superficie 3D del casco.

La transformación de las imágenes consiste en hacer que las imágenes aparezcan como si se tomaran desde un punto de visualización directamente en frente de las marcas de calado. La transformación también puede estabilizar la posición de las marcas de calado dentro de la imagen resultante o dentro de imágenes consecutivas. Esto es para facilitar la lectura humana de las imágenes y para que se pueda utilizar un algoritmo de visión artificial para determinar la medición del calado independientemente del ángulo del dispositivo 110 de obtención de imágenes ópticas con respecto a las marcas de calado y la forma del casco de la embarcación.

Haciendo referencia ahora a la Figura 9, se ilustra un proceso para corregir una imagen del casco. En particular:

en la etapa 901, se recopila un conjunto de datos de imágenes, ángulos de giro e inclinación, y mediciones de distancia para una sección de la embarcación alrededor de las marcas de calado. Como punto de partida se utiliza la ubicación general más probable de las marcas de calado calculadas anteriormente;

en la etapa 902, los ángulos de giro e inclinación y las mediciones de distancia se convierten en un perfil 3D del casco de la embarcación en un espacio cartesiano;

en la etapa 903, cada una de las imágenes del conjunto de datos se transforma en un punto de visualización directamente frente al dispositivo 115 de obtención de imágenes ópticas (igual a una cámara con zoom infinito, que es una distancia infinita de la embarcación, perpendicular a la longitud del muelle y a nivel horizontal) utilizando el perfil 3D del casco mencionado anteriormente;

en la etapa 904, se realiza un seguimiento del centro de la imagen en el espacio durante toda la transformación, y los píxeles por metro se mantienen constantes de manera que la ubicación cartesiana de cualquier píxel en cualquier imagen se pueda calcular fácilmente;

en la etapa 905, se lleva a cabo un algoritmo de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) en las imágenes transformadas, para determinar las posiciones y los valores de las marcas de calado. Se registra la ubicación de las marcas de calado con respecto al perfil 3D del casco;

- 5 en la etapa 906, el giro, la inclinación y el zoom necesarios para capturar correctamente la línea 125 de flotación en las imágenes, se calculan utilizando el perfil 3D, la marea actual y la última estimación del calado;

10 en la etapa 907, las imágenes de vídeo de la interfaz entre el agua y la marca de calado (es decir, las imágenes de vídeo de la línea 125 de flotación) se transforman en un punto de visualización directamente frente a la cámara 110 utilizando el perfil 3D del casco;

en la etapa 908, se lleva a cabo un algoritmo de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) en las imágenes transformadas, para determinar las posiciones y los valores de las marcas de calado;

- 15 en la etapa 909, cualquier error residual en la transformación se corrige utilizando la variación de la posición detectada de las marcas de calado con respecto a la posición esperada; y

20 en la etapa 910, se realiza un seguimiento de la posición de las marcas de calado entre imágenes consecutivas para permitir que las imágenes transformadas se estabilicen (es decir, de manera que la posición de la marca de calado en las imágenes no se mueva a medida que la embarcación se mueve en el mar).

Los detalles adicionales sobre la transformación de las imágenes en la etapa 903, se describen en las siguientes etapas 903a a 903d:

- 25 903a) Crear una cuadrícula de puntos en el espacio cartesiano a lo largo de un eje X (muelle horizontal) y un eje Z (vertical), de modo que la cuadrícula sea ligeramente mayor que el campo de visión (en metros) de la imagen original centrada en el centro cartesiano de la imagen original.

30 903b) Calcular los valores de los puntos a lo largo de un eje Y (horizontal y perpendicular con respecto al borde delantero del muelle) para los puntos de la cuadrícula generados en la etapa 903a) utilizando el perfil 3D generado en la etapa 902 para así crear un conjunto de puntos 3D. Como perfil 3D se utiliza un polinomio multidimensional ajustado.

35 903c) Los puntos 3D de la etapa 903b) se transforman en un conjunto de puntos 2D utilizando una proyección estándar 3D a 2D, donde la distancia al observador utiliza la distancia de la cámara a la imagen (en base a los datos del láser), y los ángulos de rotación utilizan los ángulos de la cámara con respecto a la horizontal y la perpendicular con respecto al borde delantero del muelle.

40 903d) Se calcula un conjunto de puntos 2D fijos en unidades de píxeles utilizando los puntos generados en la etapa 903a) y utilizando los píxeles por metro de la imagen (lo que se conoce porque se conoce el ángulo del campo de visión de la cámara, y se conoce la distancia a los distintos puntos del casco del barco desde la cámara). Los puntos 2D fijos representan un punto de la imagen transformada.

45 Los detalles adicionales sobre el seguimiento de píxeles especificado en la etapa 904, se describen en las siguientes etapas 904a a 904g.

904a) Se calcula un conjunto de puntos 2D móviles en unidades de píxeles utilizando los puntos 2D calculados en 903d). Los puntos 2D móviles representan dónde estarían los puntos fijos en la imagen original.

50 904b) Se generan dos polinomios multidimensionales que se mapean a partir de los puntos móviles con respecto a los puntos fijos. Uno para las posiciones de píxeles horizontales y otro para las posiciones de píxeles verticales.

55 904c) Los polinomios de 904b) se utilizan para crear dos matrices 2D (una para posiciones de píxeles horizontales y otra para posiciones de píxeles verticales) que se mapean a partir de la imagen transformada con respecto a la imagen original. P. ej., supongamos que los valores en la posición (1, 1) para las dos matrices eran (23, 45), entonces el píxel a colocar en (1, 1) en la imagen transformada es (23, 45) en la imagen original.

904d) Las matrices de mapeo creadas en 904c) se utilizan para determinar dónde estaría el píxel central de la imagen original en la imagen transformada.

60 904e) La posición del píxel central de la imagen original en la imagen transformada de 904d) se utiliza como punto central para repetir la etapa 904c), de modo que el centro de la imagen original esté en el centro de la imagen transformada. Esto es para que las coordenadas cartesianas (X, Z) de cualquier píxel de la imagen transformada puedan determinarse en base a su distancia al centro de la imagen y la escala de píxeles por metro utilizada en las etapas 903d) y 904b).

65

904f) Las matrices de mapeo creadas en 904e se utilizan entonces con una imagen de todos los valores 1. Esto es para crear una imagen de máscara que tenga valores 1 donde haya un píxel en la imagen original para la imagen transformada, y valores 0 donde no haya ningún píxel correspondiente. Puede haber píxeles en la imagen transformada que estén más allá de los límites de la imagen original. Esta máscara se utiliza para garantizar que el resto de los algoritmos de visión artificial ignoren las partes de la imagen transformada que no tengan ninguna parte correspondiente en la imagen original.

904g) Las matrices de mapeo creadas en 904e) se utilizan entonces para crear la imagen transformada a partir de la imagen original.

Los valores de las marcas de calado pueden determinarse eligiendo la secuencia de marcas con la mayor suma de probabilidades de que cada marca de calado de la secuencia sea el valor identificado según su posición en la secuencia; y en base al patrón conocido de las marcas de calado. Esto permite que los valores de las marcas de calado se determinen correctamente, incluso cuando algunos valores de las marcas de calado no sean legibles individualmente por seres humanos.

Haciendo referencia ahora a la Figura 10, se ilustra un proceso para determinar el valor de la marca de calado en la línea de flotación de la embarcación. En particular:

en la etapa 1001, se utiliza un algoritmo de OCR para identificar los posibles caracteres de la marca de calado dentro de una imagen, y para identificar su posición dentro de la imagen;

en la etapa 1002, identificar y asignar un valor a cada uno de los posibles caracteres de la marca de calado, que indique la probabilidad de que forme parte de la escala de calado;

en la etapa 1003, se comprueban las posiciones de las marcas de calado identificadas, para ver si faltan algunas marcas de calado;

en la etapa 1004, las marcas de calado que faltan se añaden a las posiciones identificadas como que falta una marca de calado;

en la etapa 1005, se asigna cada valor posible a la marca de calado con la posición más alta en el casco en la imagen;

en la etapa 1006, asignar un valor a cada una de las demás marcas de calado en la escala, determinado por su posición con respecto a la marca de calado con la posición más alta.

en la etapa 1007, repetir la etapa 1006 para cada uno de los posibles valores asignados a la marca de calado con la posición más alta;

en la etapa 1008, para cada posible secuencia de marcas de calado, sumar la probabilidad de que cada marca de calado sea el carácter de marca de calado requerido para esa secuencia; y

en la etapa 1009, se determina que la secuencia de valores que tenga la mayor suma de probabilidades es la secuencia correcta.

Este algoritmo se aplica para determinar las marcas de 10 cm, así como las marcas de metro.

Para las marcas de metro, el proceso de la Figura 10 se puede aplicar a través de imágenes con diferentes ángulos de giro/inclinación, lo que permite determinar los valores correctos de las marcas de metro en la interfaz entre el agua y la marca de calado (nivel 125 de agua), incluso si las marcas de metro no son legibles individualmente por seres humanos en la interfaz entre el agua y la marca de calado. Esto solo es posible debido a que la ubicación cartesiana de cada marca de metro es identificable mediante los métodos descritos anteriormente.

A continuación, se proporcionan más detalles sobre las etapas 1001 y 1002 del proceso especificado para determinar los valores de la marca de calado a nivel del agua.

En relación con la etapa 1001:

1001a) Se aplica un filtro de borde de convolución a la imagen transformada. Esto crea una imagen en escala de grises en donde cualquier borde de la imagen transformada tendrán valores numéricos más altos.

1001b) Se aplica a la imagen creada en la etapa 1001a) un filtro de convolución, con plantillas de diferentes números de marcas de calado como el kernel. Estas plantillas son ejemplos del aspecto que tendrían las marcas de calado bien formadas si se les aplicara el filtro de bordes de convolución. Estas plantillas se escalan a varios tamaños (más pequeños, iguales y más grandes) del tamaño esperado de la marca de calado. La salida de esta etapa es un conjunto de "imágenes" con valores que equivalen a qué tan bien esa área de la imagen de bordes coincide con la plantilla.

1001c) Se aplica un algoritmo de máximos locales a la salida de la etapa 1001b), que da como salida los valores máximos y la posición de esos valores máximos de la salida de la etapa 1001b) en áreas pequeñas (del tamaño de marca de calado).

1001d) Se genera una lista de posibles marcas de calado en base a las salidas de convolución generadas en la etapa 1001c).

En relación con la etapa 1002:

Se busca en la lista de posibles marcas de calado de la etapa 1001d) para encontrar todas las marcas de calado superpuestas. Las marcas de calado superpuestas se combinan en una sola marca de calado en la lista que tendrá una puntuación o "probabilidad" diferente para cada valor numérico posible. P. ej., si un "2" con una puntuación de 0,3, otro "2" con una puntuación de 0,15, y un "4" con una puntuación de 0,8 se superpusieran, se combinarían en una sola marca de calado con una puntuación de 0,3 para un valor de 2 y una puntuación de 0,8 para 4.

El calado de la embarcación puede determinarse mediante dos métodos diferentes. En el primer método, el calado de la embarcación se determina mediante la combinación de datos de OCR de imágenes de vídeo que contengan marcas de calado, con mediciones de distancia y mediciones precisas de las mareas. Este método no requiere que se detecte el nivel del agua en las imágenes (este método se denomina método OLT: OCR, distancia láser y marea).

Haciendo referencia ahora a la Figura 11, se ilustra con mayor detalle el método OLT para determinar el calado de una embarcación. En particular:

en la etapa 1101, las imágenes de los vídeos de las marcas de calado se transforman y se aplican algoritmos de OCR tal como se definió anteriormente, de modo que se detecten la posición y el valor de las marcas de calado, y haya píxeles constantes por metro a través de la imagen, y se conozca la ubicación del centro de la imagen en el espacio cartesiano;

en la etapa 1102, seleccionar una marca de calado y calcular la posición vertical cartesiana de la marca de calado seleccionada, utilizando su distancia de píxeles verticales al centro de la imagen, los píxeles por metro de la imagen, y la altura cartesiana del centro de la imagen;

en la etapa 1103, obtener datos de medición de mareas;

en la etapa 1104, cambiar el dato de medición de la marea a las mismas coordenadas que el origen cartesiano, para la posición vertical de la marca de calado seleccionada en la etapa 2 anterior;

en la etapa 1105, restar la medición de marea de la altura cartesiana de la marca de calado seleccionada en la etapa 1102;

en la etapa 1106, determinar el calado de la embarcación restando el resultado del cálculo de la etapa 1105 del valor de calado, de la marca de calado seleccionada en la etapa 2; y

en la etapa 1107, la medición de calado obtenida en la etapa 1106 se calcula para varias imágenes durante un período de tiempo (p. ej., 10 segundos), y el valor de calado para la escala que se está midiendo se determina como la media de los valores de calado calculados durante el período.

Haciendo referencia ahora a la Figura 12, se ilustra un segundo método para determinar el calado de una embarcación. En particular, en la Figura 12 se representa un algoritmo de visión artificial que puede utilizarse para determinar el nivel 125 del agua en las imágenes (y, por lo tanto, el calado de la embarcación) determinando qué marcas de calado están bajo el agua. En particular:

en la etapa 1201, las imágenes de vídeo que contienen la línea 125 de flotación de la embarcación se transforman de modo que el punto de visualización esté directamente frente al dispositivo 110 de obtención de imágenes ópticas según el método descrito anteriormente;

en la etapa 1202, se utiliza un algoritmo de OCR para determinar la posición y el valor de las marcas de calado en una primera imagen del vídeo;

en la etapa 1203, la posición y el valor de las marcas de calado bajo el agua se estiman en base a la posición y el valor de las marcas de calado fuera del agua;

en la etapa 1204, se realiza el seguimiento de la posición de las marcas de calado imagen por imagen en el vídeo;

en la etapa 1205, se analiza cada imagen para determinar si la parte superior o inferior de cada carácter de marca de calado está o no bajo el agua (obsérvese que se utilizan la parte superior e inferior de las marcas de calado, ya que es la ubicación dentro de la imagen que más cambia entre la presencia o ausencia de agua, incluso en el caso de agua muy clara);

en la etapa 1206, las partes superiores e inferiores de la marca de calado que están bajo el agua (o no) se utilizan para determinar un rango probable dentro de la imagen en donde debería estar el nivel del agua (es decir, cerca de donde la marca de calado superior o inferior esté fuera del agua, y la parte superior o inferior de la marca de calado de abajo esté bajo el agua);

en la etapa 1207, analizar las diferencias entre las imágenes del vídeo para determinar la ubicación del nivel del agua. Se puede aplicar una ponderación al algoritmo en base al rango probable detectado utilizando la marca de calado en la parte superior e inferior; y

en la etapa 1208, la medición del calado se toma como la media del calado calculada para cada una de las imágenes durante un período de tiempo (p. ej., 10 segundos).

Haciendo referencia ahora a la Figura 13, se ilustra un proceso para combinar los calados basados en GNSS, los calados OLT basados en visión artificial, y los calados del nivel del agua basados en visión artificial, para calcular una estimación de calado en tiempo real. En particular:

en la etapa 1301, y para cada escala de calado del lado del muelle de la embarcación, las lecturas iniciales del calado del OLT según el proceso de la Figura 11, se toman en varias (p. ej., 7) posiciones verticales diferentes a lo largo de las marcas de calado. Se utiliza un algoritmo para determinar si los calados iniciales del OLT son válidos, y para calcular para cada una de las escalas de calado un único valor inicial de calado del OLT;

en la etapa 1302, y para cada calado del lado del muelle de la embarcación, se confirma la validez de un calado inicial a nivel del agua según el proceso de la Figura 12, comparándolo con el calado inicial del OLT;

en la etapa 1303, los calados de nivel del agua iniciales validados se utilizan para inicializar los valores de los calados basados en el GNSS;

en la etapa 1304, los valores de calado basados en el GNSS se calculan durante la carga utilizando el cambio de altitud de los seis sensores GNSS ubicados en la embarcación, para modelar el cambio de calado de la embarcación en las marcas de calado con respecto al calado inicial;

en la etapa 1305, durante la carga se toman mediciones de vídeo OLT del nivel 125 del agua según la Figura 11, y mediciones del calado del nivel del agua según la Figura 12;

en la etapa 1306, cada una de las mediciones del calado del nivel del agua se compara tanto con las mediciones del calado del OLT como con las mediciones del calado basadas en el GNSS, para validar la medición del calado del nivel del agua; y

en la etapa 1307, determinar las mediciones preliminares de la embarcación en base a los calados actuales y anteriores validados del nivel del agua, y en los calados basados en GNSS.

En el proceso de la Figura 13, la inicialización del calado basado en el GNSS se corrige continuamente en base a los calados validados del nivel del agua y, si no se puede calcular un calado actual validado del nivel del agua, la salida del sistema automatizado de inspección de calados se establece en el calado basado en el GNSS.

La validación de los tres métodos de medición del calado entre sí aumenta significativamente la integridad, la solidez y la precisión, en comparación con tener un solo método.

Los siguientes párrafos proporcionan más detalles sobre la etapa 1301.

El algoritmo en la etapa 1301 utiliza la mediana de las lecturas de calado del OLT que se encuentren dentro de un rango configurable de la mediana de todas las lecturas de calado del OLT. Si no hay suficientes lecturas dentro del rango configurable, entonces se considerará inválido;

Este método permite desechar todas las lecturas con un valor de marca de metro incorrecto, y no influir en el resultado. Esto se debe a que un modo de fallo común es que el valor de metro se determine incorrectamente, ya que normalmente solo hay 3 marcas de metro en la imagen, en comparación con aproximadamente diez marcas de 10 cm.

REIVINDICACIONES

1. Un método para determinar el calado de una embarcación (100), que comprende las etapas de:
 - 5 medir el calado de la embarcación (100) utilizando al menos un dispositivo (110) de obtención de imágenes ópticas para proporcionar datos de medición óptica del calado, del calado de la embarcación (100) en base a una detección automática de la posición de las marcas (300) de calado en el casco de la embarcación (100);
 - 10 utilizar los datos de medición óptica del calado para inicializar los datos de elevación proporcionados por al menos un dispositivo GNSS o GPS (115) para así proporcionar datos de medición del calado de elevación de la embarcación; y
 - 15 utilizar los datos de medición del calado de elevación para proporcionar al menos una medición del calado de la embarcación (100) después de la etapa de inicialización de los datos de medición del calado de elevación.
2. El método como se reivindica en la reivindicación 1, en donde la etapa de medir el calado de la embarcación (100) utilizando al menos un dispositivo (110) de obtención de imágenes ópticas, comprende además:
 - 20 capturar una imagen óptica de las marcas (300) de calado en el casco de la embarcación (100);
 - llevar a cabo el procesamiento de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) de la imagen óptica, para proporcionar datos de OCR para cada una de las marcas (100) de calado; y
 - utilizar los datos de OCR en la determinación de los datos de medición óptica del calado.
3. El método como se reivindica en la reivindicación 2, en donde los datos de OCR comprenden, para cada marca (300) de calado, un valor numérico que corresponde a un número obtenido de imagen asociado a la marca (300) de calado, y comprende además, las etapas de:
 - 25 transformar la imagen óptica de manera que haya píxeles constantes por metro a lo largo de la imagen;
 - 30 obtener datos de mareas correspondientes a una medición de la altura de la marea en las proximidades de la embarcación (100);
 - seleccionar una marca (300) de calado y determinar una altura vertical en el espacio cartesiano de la marca (300) de calado seleccionada, en donde la altura vertical se determina con respecto a una posición de referencia dentro de la imagen óptica que tenga una altura conocida en el espacio cartesiano, siendo dicha posición de referencia el centro de dicha imagen óptica, mediante el cálculo de una distancia de píxeles verticales con respecto a la posición de referencia, convirtiendo dicha distancia de píxeles verticales en una distancia cartesiana según los píxeles constantes por metro, y combinándolo con la altura conocida de la posición de referencia;
 - 35 transformar los datos de marea en el mismo espacio cartesiano que las alturas verticales determinadas de las marcas (300) de calado, identificando así la altura de la marea en dicho espacio cartesiano;
 - 40 para cada marca (300) de calado, restar los datos de marea transformados, de la altura vertical determinada para la marca (300) de calado, para determinar la elevación de la marca de calado por encima de la marea; y
 - 45 para cada marca (300) de calado, restar la elevación determinada de la marca (300) de calado por encima de la marea, del valor numérico de la marca (300) de calado, para así obtener una medición del calado de la embarcación (100).
4. El método como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la etapa de medir el calado de la embarcación (100) utilizando al menos un dispositivo (110) de obtención de imágenes ópticas, comprende:
 - 50 medir una distancia entre al menos un punto en el casco de la embarcación (100) y el al menos un dispositivo (110) de obtención de imágenes ópticas; y
 - 55 medir un ángulo relativo entre la primera y la segunda posición de un eje óptico del dispositivo de obtención de imágenes ópticas, en donde la primera posición es una posición predeterminada, y la segunda posición es la posición del dispositivo (110) de obtención de imágenes ópticas cuando se mide la distancia entre el dispositivo (110) de obtención de imágenes ópticas y al menos un punto del casco.
5. El método como se reivindica en el punto 4, en donde el al menos un dispositivo (110) de obtención de imágenes ópticas está ubicado en una plataforma de giro e inclinación, y al menos un dispositivo de medición de distancia por láser está ubicado adyacente al al menos un dispositivo (110) de obtención de imágenes ópticas;
 - 60 y en donde el método comprende:
 - 65

- operar el dispositivo de medición de distancia por láser para medir la distancia entre el al menos un dispositivo (110) de obtención de imágenes ópticas y dicho al menos un punto en el casco de la embarcación (100);
y utilizar la plataforma de giro e inclinación para mover el dispositivo (110) de obtención de imágenes ópticas a la segunda posición, y utilizar dicha plataforma de giro e inclinación para medir el ángulo relativo entre dicha primera posición y dicha segunda posición.
- 5
6. Un método como se reivindica en la reivindicación 5, en donde:
- 10 en la primera posición, el eje óptico del dispositivo (110) de obtención de imágenes ópticas es sustancialmente perpendicular a un eje longitudinal de un muelle (105) en el cual, o adyacente al cual, se encuentra dicho dispositivo (110) de obtención de imágenes ópticas;
y en donde medir el ángulo relativo entre dicha primera posición y dicha segunda posición comprende medir el ángulo relativo en un plano horizontal y un plano vertical.
- 15
7. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, que comprende la etapa de:
utilizar mediciones de:
- 20 i) la distancia entre el dispositivo (110) de obtención de imágenes ópticas y el casco; y
ii) el ángulo relativo entre la primera posición y la segunda posición, para producir un conjunto de datos tridimensionales de la ubicación de al menos un punto en la superficie del casco, al menos en las proximidades de un conjunto de marcas (300) de calado.
- 25
8. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, que comprende la etapa de utilizar:
- 30 i) mediciones de la distancia entre el dispositivo (110) de obtención de imágenes ópticas y el casco;
y
ii) ángulo relativo entre la primera posición y la segunda posición, para determinar la anchura del casco de la embarcación (100) entre las correspondientes marcas (300) de calado en los lados de babor y estribor del casco de la embarcación (100).
- 35
9. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde medir el calado de la embarcación (100) utilizando datos de elevación, comprende localizar al menos un dispositivo GNSS o GPS (115) en la embarcación (100), para así medir la elevación de la embarcación (100) y así obtener datos de elevación, y utilizar los datos de elevación para determinar el calado de la embarcación.
- 40
10. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende las etapas de:
- 45 posicionar al menos dos dispositivos GNSS o GPS (115) en dicha embarcación (100) en posiciones desplazadas lateralmente con respecto a un eje longitudinal de dicha embarcación (100);
medir los datos de elevación en dichos al menos dos dispositivos GNSS o GPS (115); y
utilizar los datos de elevación para determinar un ángulo de escora de la embarcación (100) y, por lo tanto, proporcionar datos del ángulo de escora.
- 50
11. Un sistema para determinar el calado de una embarcación (100), comprendiendo el sistema:
al menos un dispositivo (110) de obtención de imágenes ópticas ubicado en un muelle (105), y al menos un dispositivo GNSS o GPS (115);
estando el sistema adaptado para:
- 55 medir el calado de la embarcación (100) utilizando el al menos un dispositivo (110) de obtención de imágenes ópticas para proporcionar datos de medición óptica del calado en base a una detección automática de la posición de las marcas (300) de calado en el casco de la embarcación (100);
utilizar los datos de medición óptica del calado para inicializar los datos de medición del calado de elevación proporcionados por al menos un dispositivo GNSS o GPS (115), en donde el al menos un dispositivo GNSS o GPS (115) está, en uso, ubicado en la embarcación (100); y
utilizar los datos de medición del calado de elevación para proporcionar al menos una medición del calado de la embarcación (100) después de la etapa de inicialización de los datos de medición del calado de elevación.
- 60
12. El sistema como se reivindica en la reivindicación 11, en donde dicho sistema comprende además, una unidad (155) de procesamiento de datos, y en donde la medición del calado de la embarcación (100) utilizando al menos un dispositivo (110) de obtención de imágenes ópticas para proporcionar datos de medición óptica del calado, comprende además:
- 65 capturar una imagen óptica de las marcas (300) de calado;

operar la unidad (155) de procesamiento de datos para llevar a cabo el procesamiento de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) de la imagen óptica, para así proporcionar datos de OCR para las marcas (300) de calado; y
dicho procesamiento de los datos de OCR para proporcionar los datos de medición óptica del calado.

13. El sistema como se reivindica en la reivindicación 12, en donde los datos de OCR comprenden, para cada marca (300) de calado, un valor numérico correspondiente a un número obtenido de una imagen asociado a la marca (300) de calado, adaptado, además, para:

transformar la imagen óptica de manera que haya píxeles constantes por metro a lo largo de la imagen;
obtener datos de mareas correspondientes a una medición de la altura de la marea en las proximidades de la embarcación (100);
seleccionar una marca (300) de calado y determinar una altura vertical en el espacio cartesiano de la marca (300) de calado, en donde la altura vertical se determina con respecto a una posición de referencia dentro de la imagen óptica que tenga una altura conocida en el espacio cartesiano, siendo dicha posición de referencia el centro de dicha imagen óptica, mediante el cálculo de una distancia de píxeles verticales con respecto a la posición de referencia, convirtiendo dicha distancia de píxeles verticales en una distancia cartesiana según los píxeles constantes por metro, y combinar con la altura conocida de la posición de referencia; y
transformar los datos de marea en el mismo espacio cartesiano que las alturas verticales determinadas de las marcas (300) de calado, identificando así la altura de la marea en dicho espacio cartesiano;
para cada marca (300) de calado, restar los datos de marea transformados, de la altura vertical determinada de la marca (300) de calado, para así determinar la elevación de la marca (300) de calado por encima de la marea; y
para cada marca (300) de calado, restar la elevación determinada de la marca (300) de calado por encima de la marea, del valor numérico de la marca de calado, para así obtener una medición del calado de la embarcación.

14. El sistema como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en donde medir el calado de la embarcación (100) utilizando al menos un dispositivo (110) de obtención de imágenes ópticas para proporcionar datos de medición óptica del calado, comprende además:

operar un dispositivo de medición para medir una distancia entre al menos un punto del casco de la embarcación y el al menos un dispositivo de obtención de imágenes ópticas; y
medir un ángulo relativo entre la primera y la segunda posición de un eje óptico de un dispositivo de obtención de imágenes ópticas, en donde la primera posición es una posición predeterminada, y la segunda posición es la posición del dispositivo de obtención de imágenes ópticas cuando se mide la distancia entre el dispositivo de obtención de imágenes ópticas y el al menos un punto del casco.

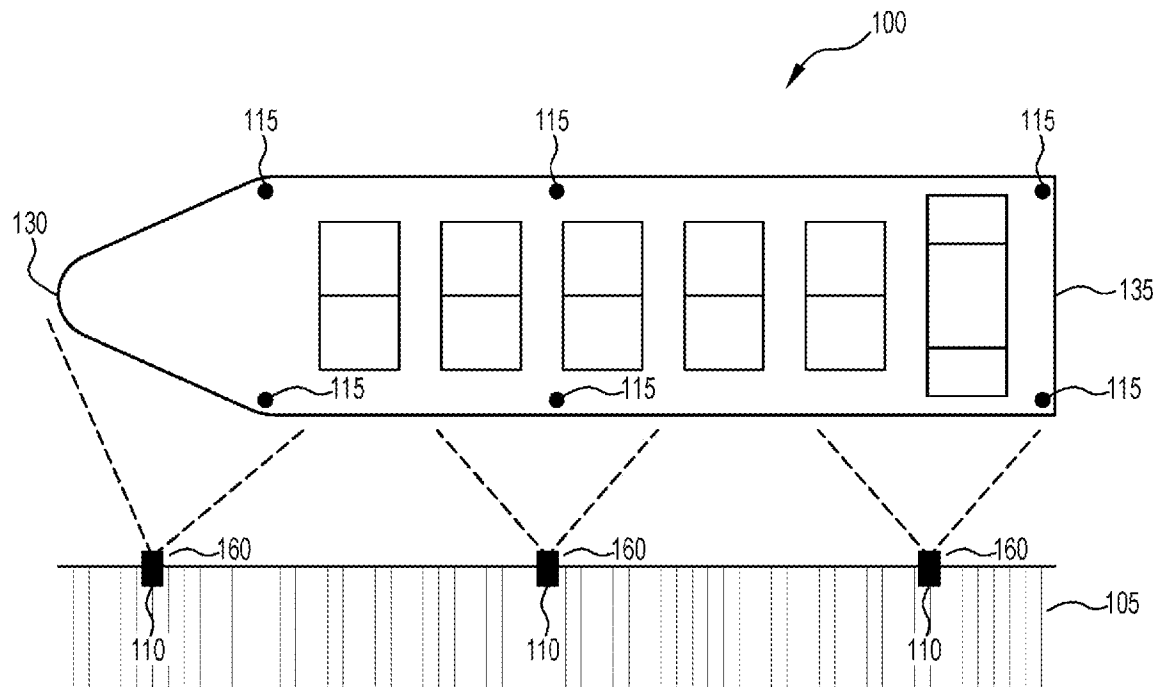


Figura 1

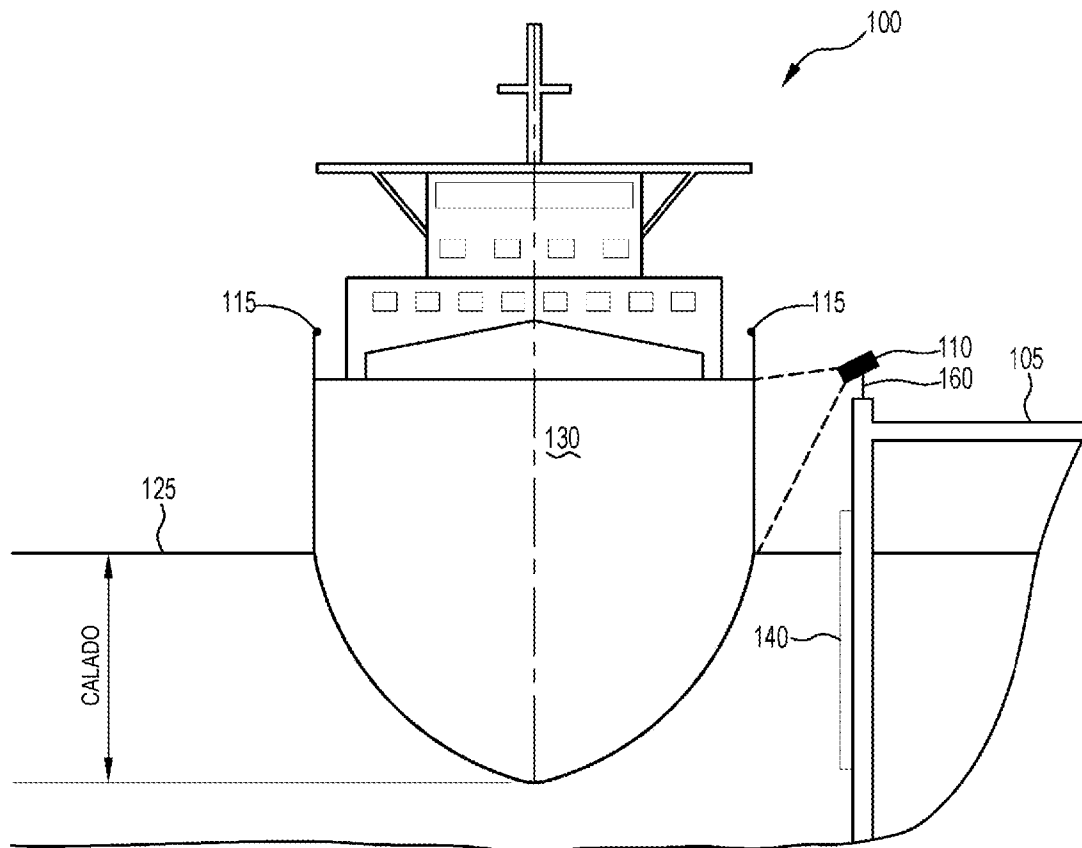


Figura 2

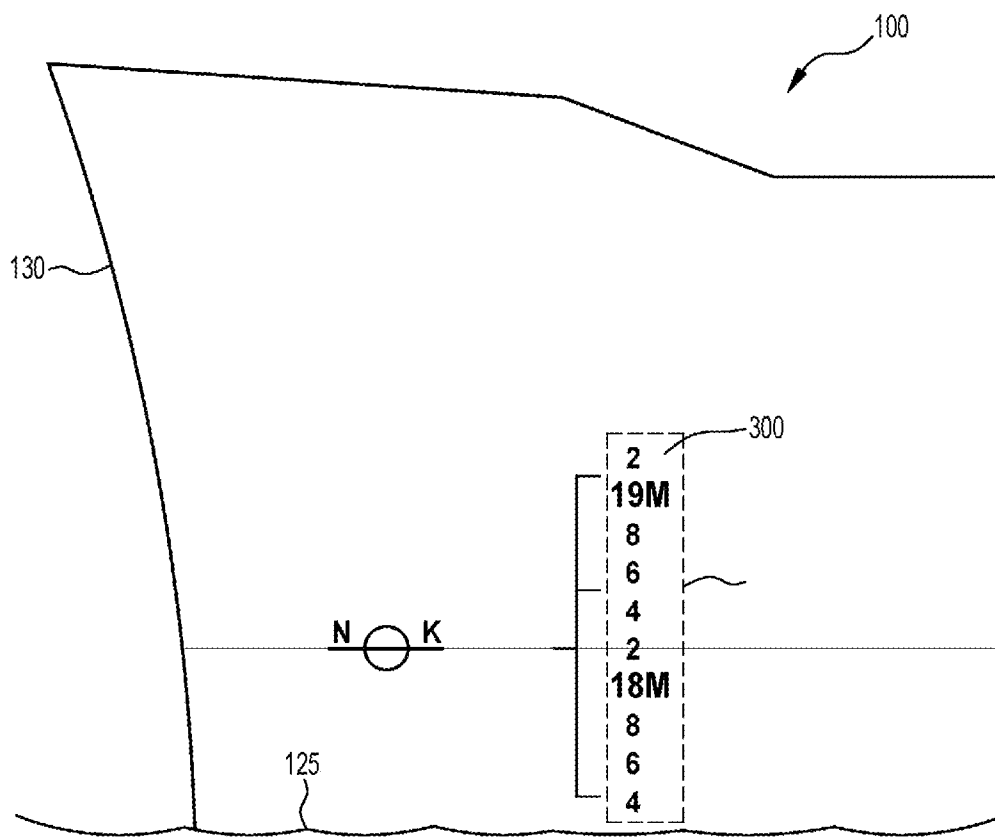


Figura 3

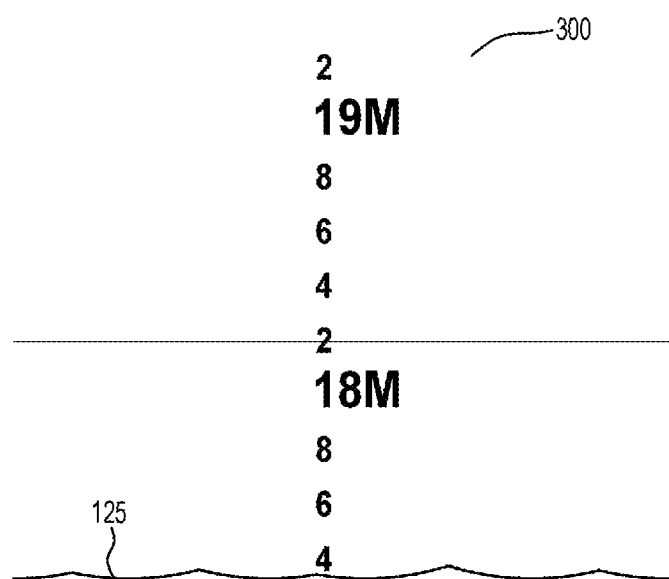


Figura 4

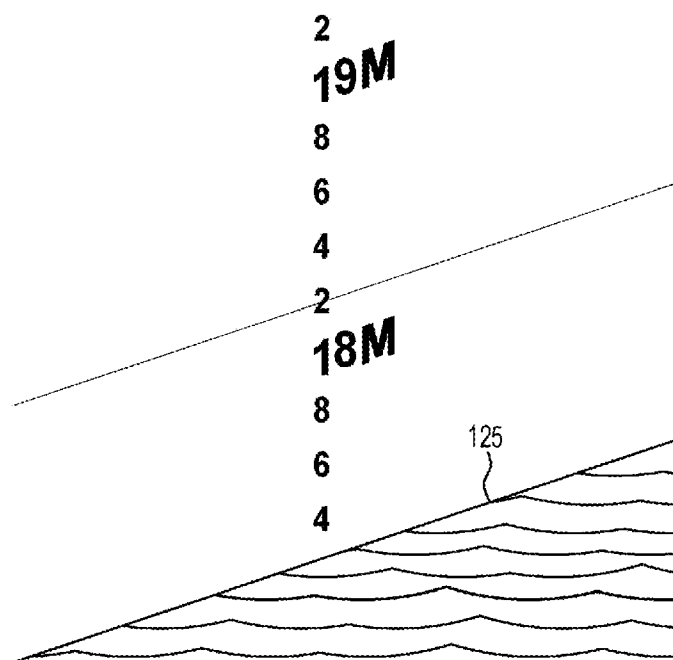


Figura 5a

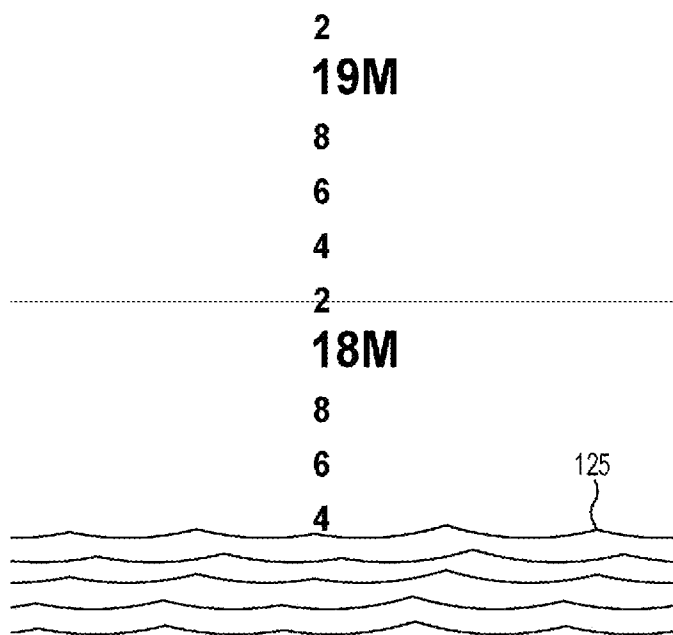


Figura 5b

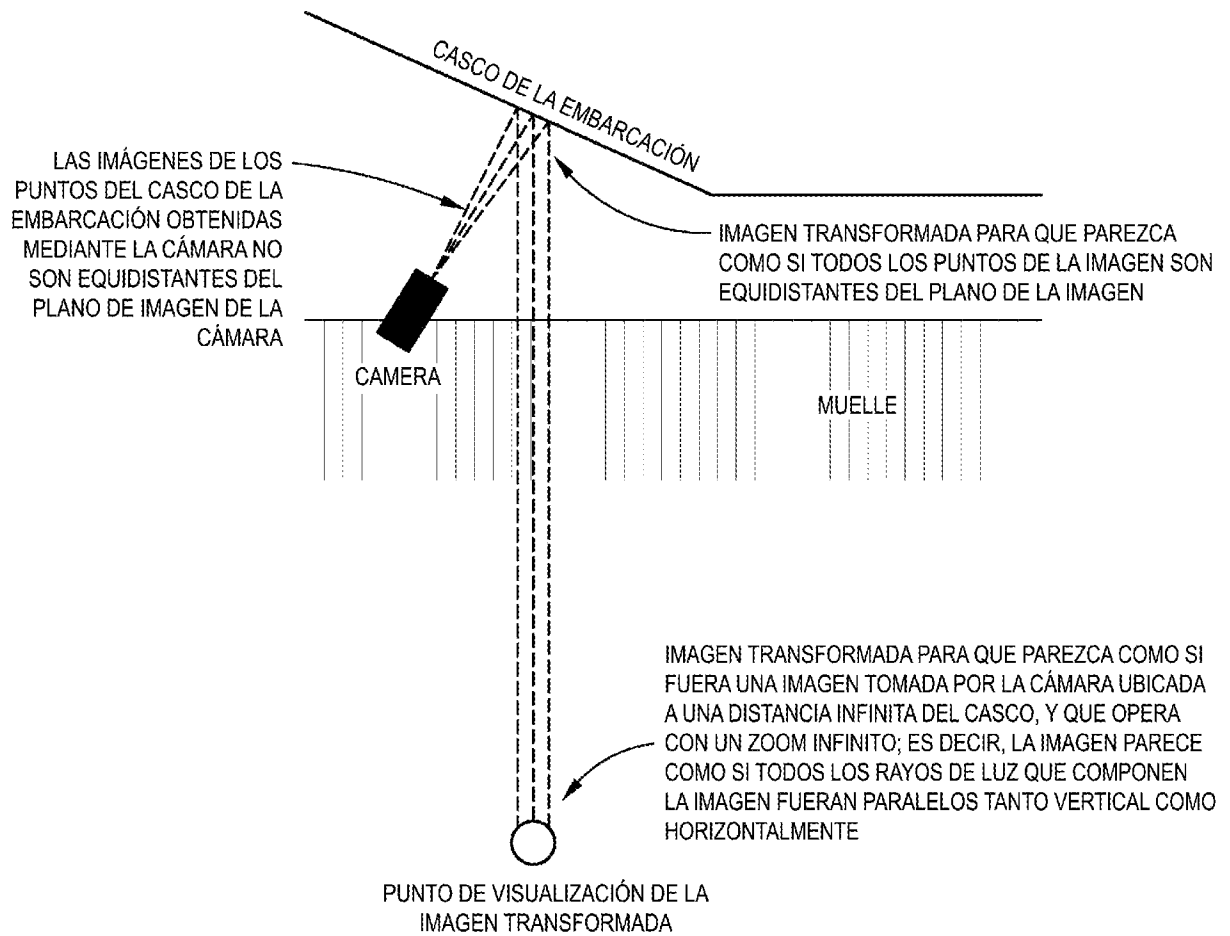


Figura 5c

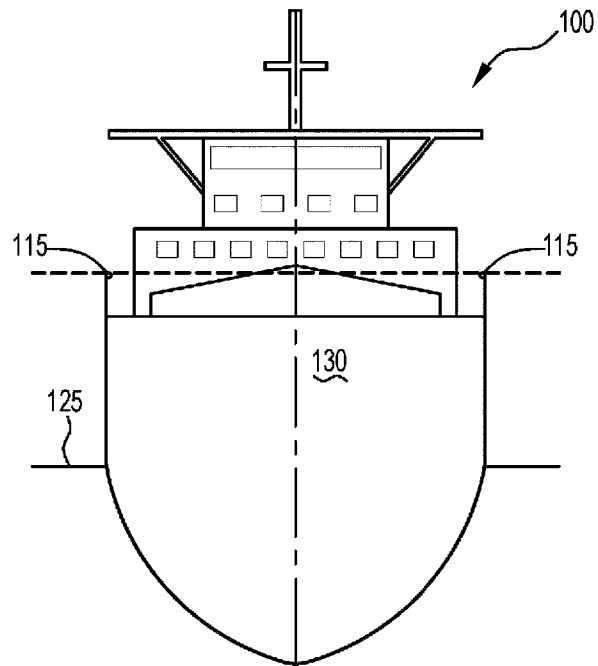


Figura 6a

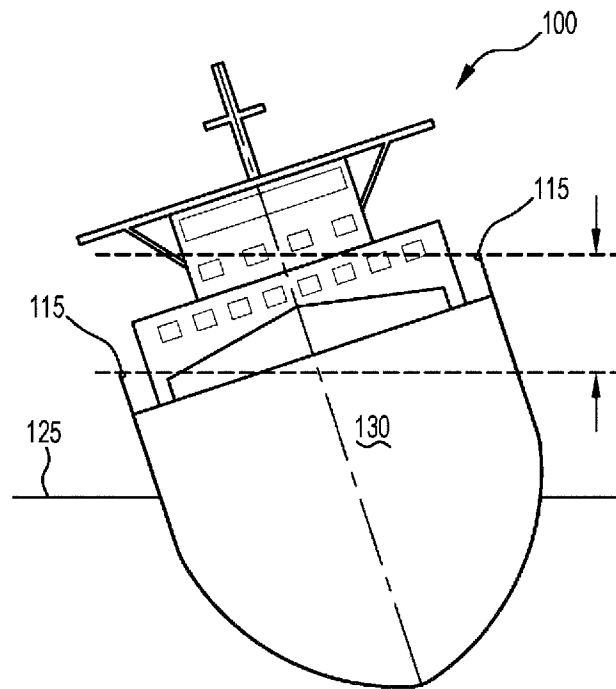


Figura 6b

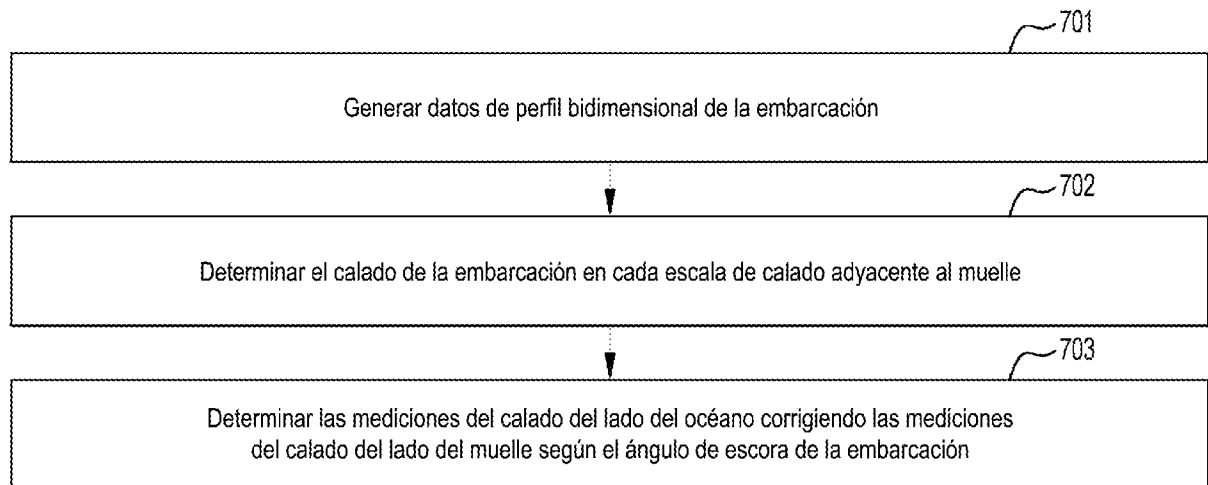


Figura 7

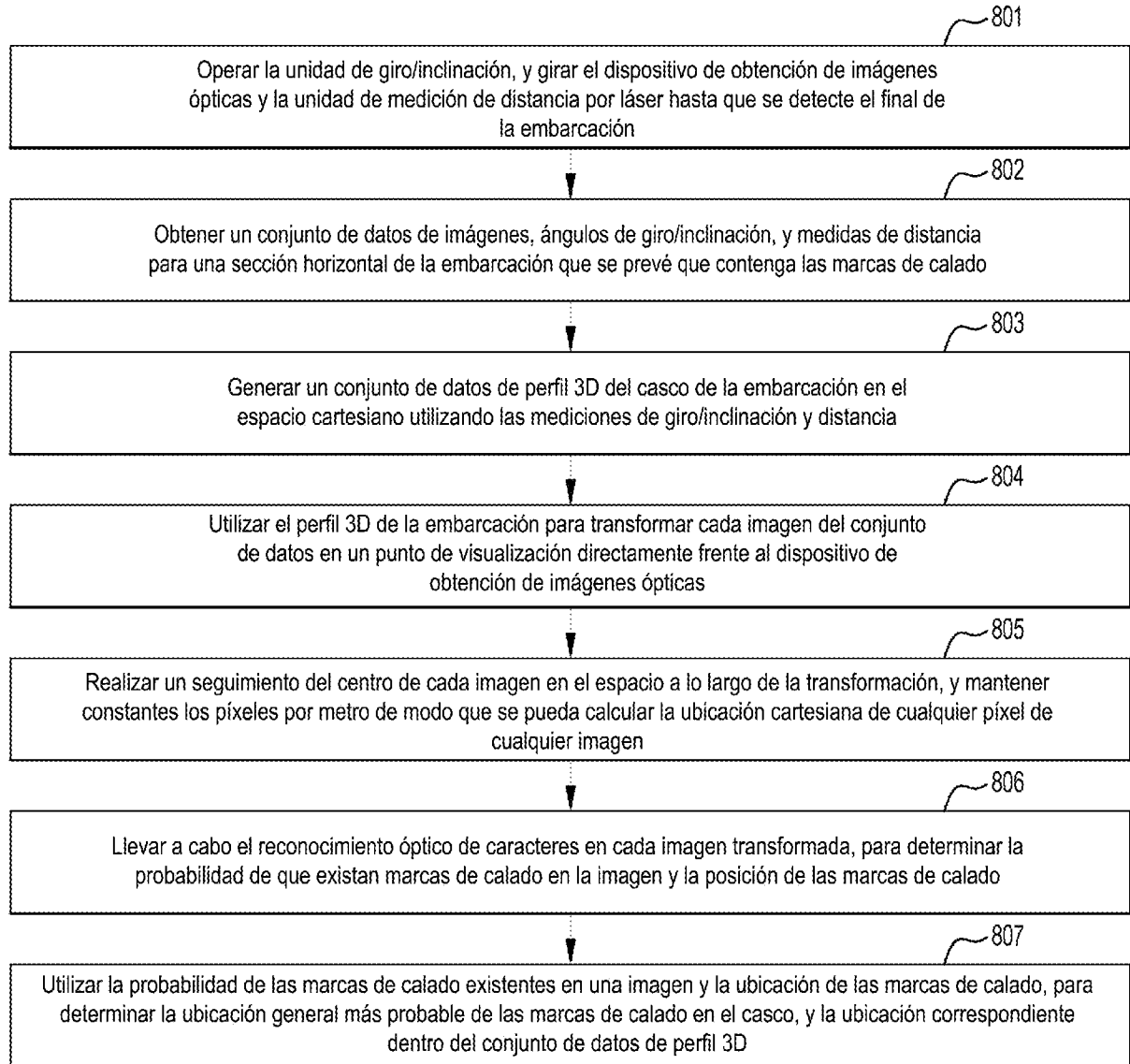


Figura 8

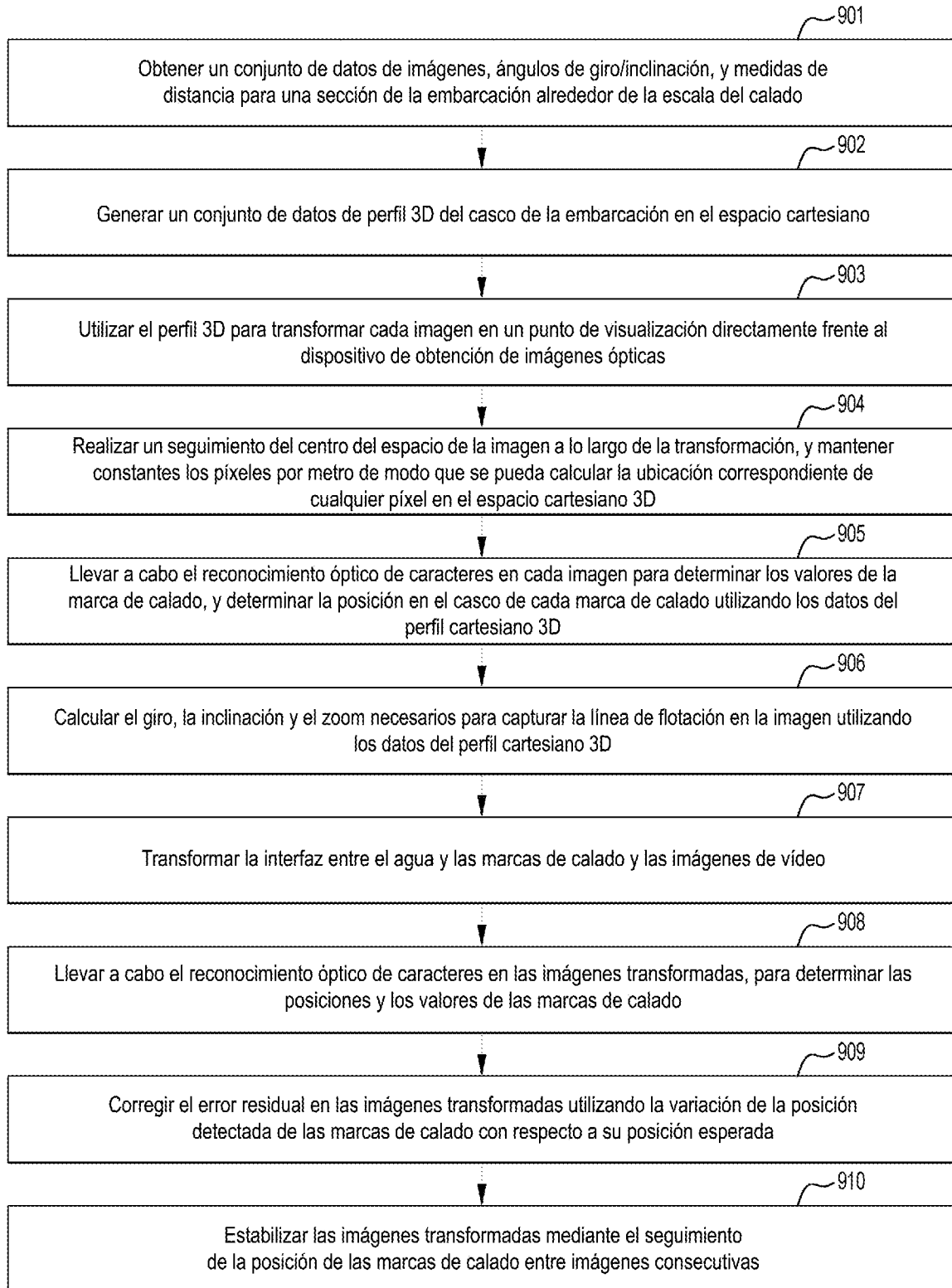


Figura 9

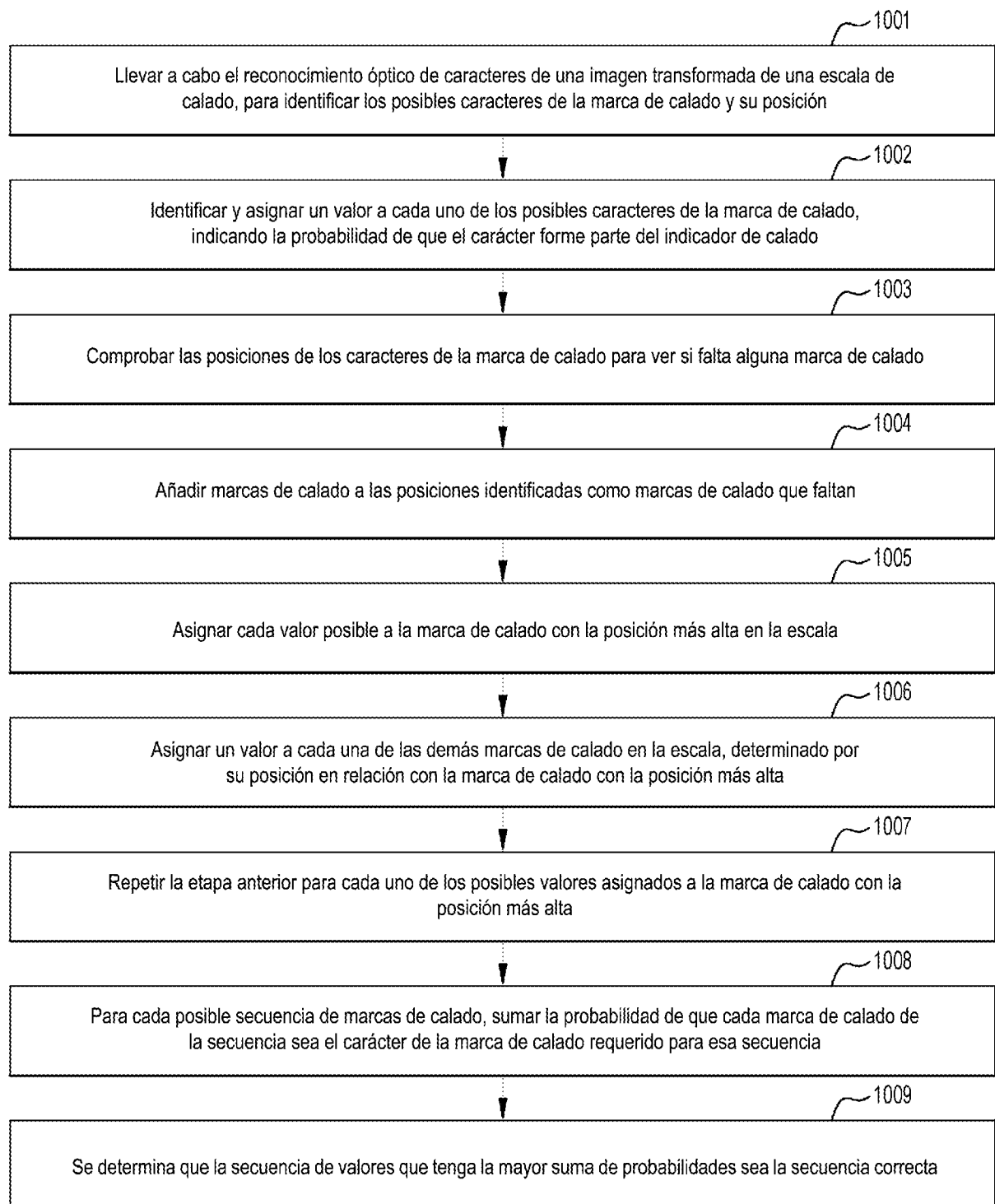


Figura 10

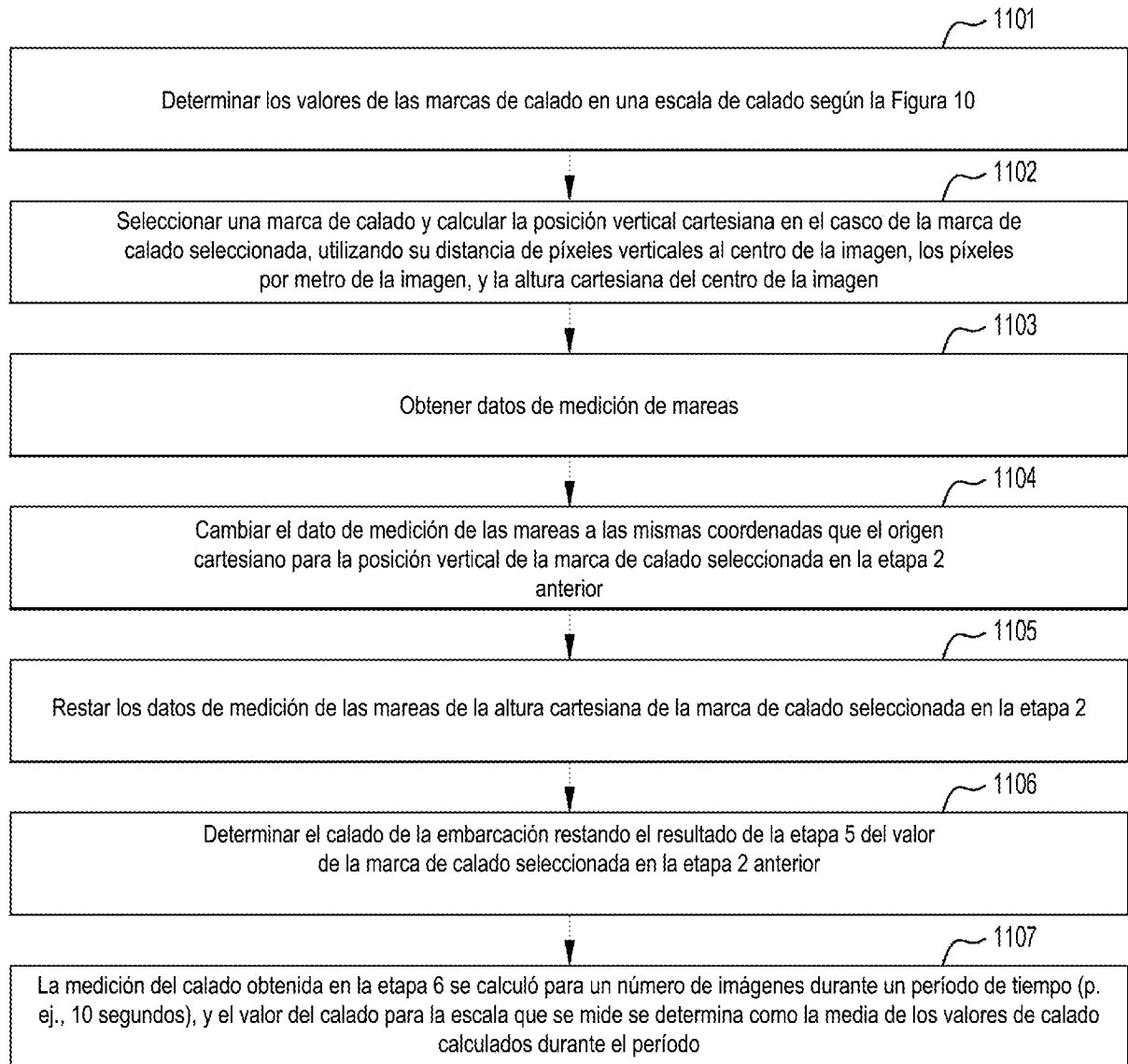


Figura 11

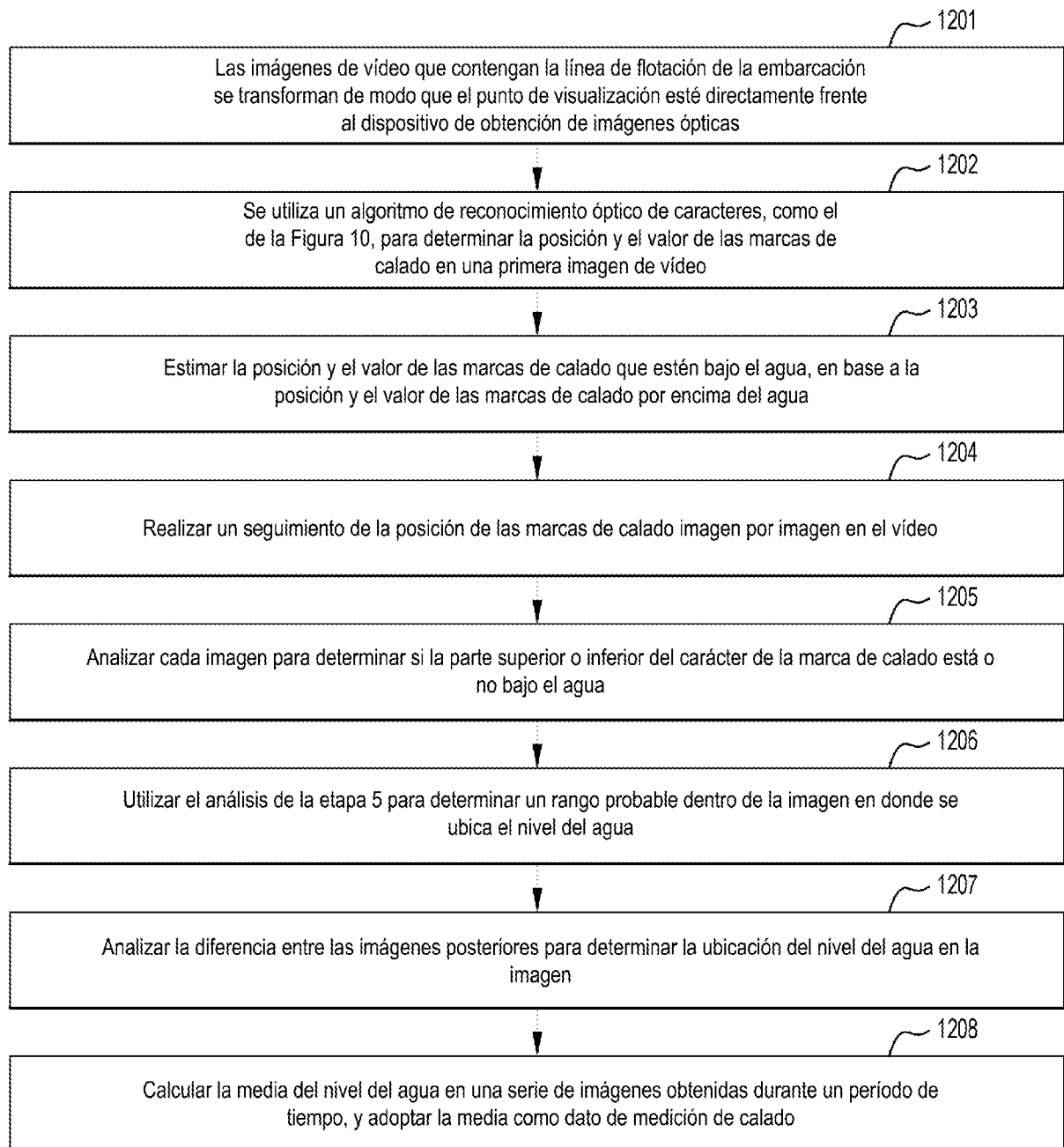


Figura 12

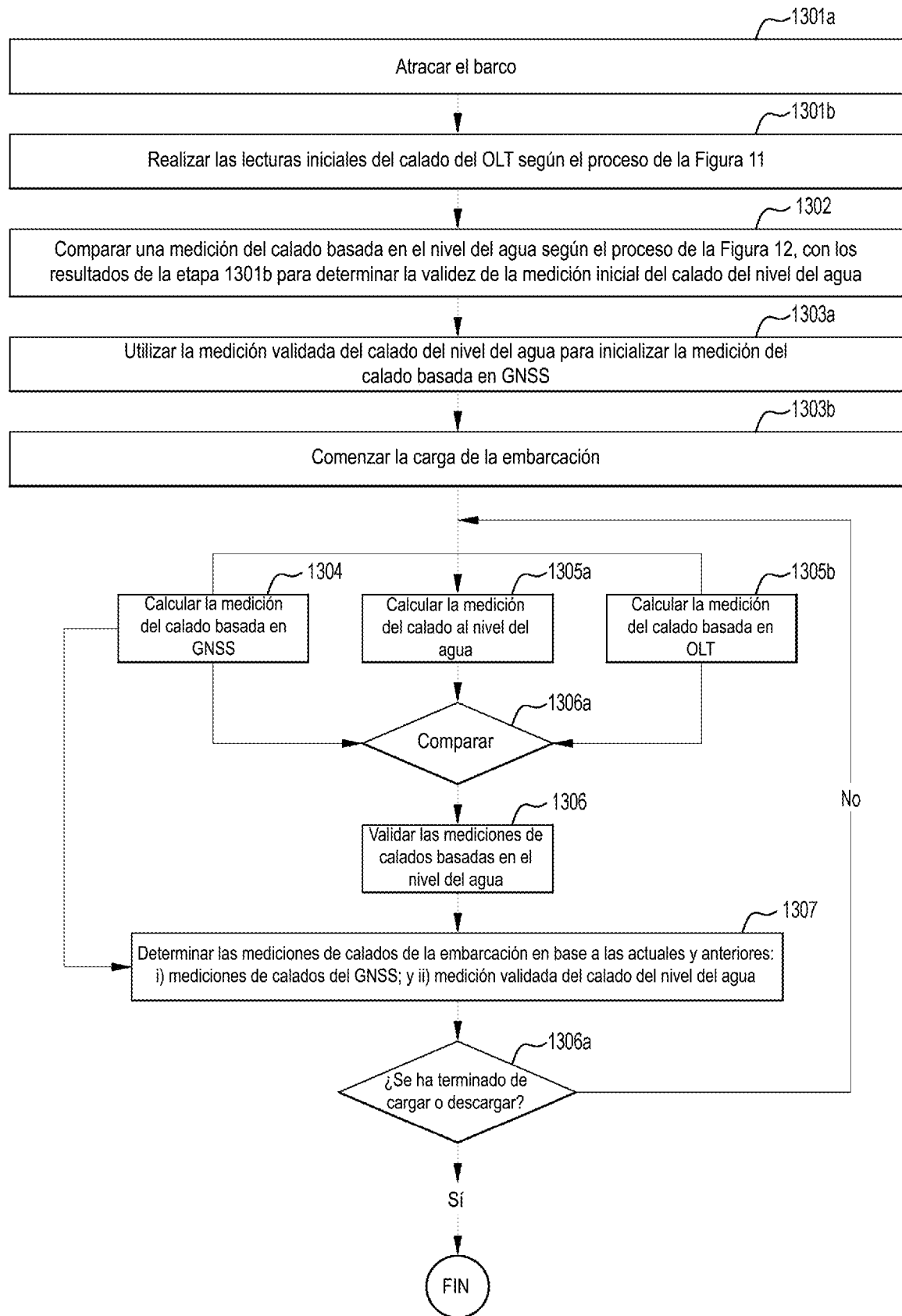


Figura 13