

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 754 726**

51 Int. Cl.:

G06T 7/12 (2007.01)

G06T 7/254 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.05.2017** **E 17382244 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2019** **EP 3399500**

54 Título: **Procedimiento y sistema de cálculo de la trayectoria de una carga eyectada desde una aeronave**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.04.2020

73 Titular/es:

AIRBUS DEFENCE AND SPACE, S.A.U. (100.0%)
Paseo John Lennon, s/n
28906 Getafe - Madrid, ES

72 Inventor/es:

LOPEZ HERREROS, ISRAEL y
COLL HERRERO, FRANCISCA

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 754 726 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y sistema de cálculo de la trayectoria de una carga eyectada desde una aeronave

Objeto de la invención

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y un sistema de cálculo de la trayectoria de una carga eyectada desde una aeronave para asegurar una distancia de separación segura cuando es eyectada la carga y entra en vuelo libre.

Un objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento y sistema completamente automatizados para calcular la trayectoria de una carga eyectada desde una aeronave que ahorra coste y tiempo, y evita errores humanos.

10 Otro objeto de la invención es proporcionar un procedimiento y sistema más preciso en el cálculo de la trayectoria seguida por una carga eyectada desde una aeronave.

Es un objeto adicional de la invención proporcionar un procedimiento y sistema de cálculo de la trayectoria de una carga eyectada desde una aeronave que cumple con los reglamentos internacionales de las autoridades de aeronavegabilidad para garantizar la separación segura de una carga eyectada.

Antecedentes de la invención

Realmente el cálculo de la trayectoria de una carga eyectada desde una aeronave se obtiene aplicando técnicas de fotogrametría a las películas de señal de vídeo extraídas de cámaras de alta velocidad a bordo (HSC).

20 Este procedimiento de cálculo requiere el uso de una cámara para capturar cargas de tamaño medio, tales como GBU (Unidades de Bombas Guiadas) o misiles, o el uso de dos cámaras para capturar pequeños objetos, tales como bengalas. Estas cámaras también pueden capturar información de seis grados de libertad.

El procedimiento requiere el uso de pegatinas, que se colocan tanto en la carga como en partes determinadas de la aeronave desde donde puede obtenerse una vista de las cámaras. La Figura 1 muestra estas pegatinas (10) colocadas tanto en la carga (2) eyectada como en la aeronave (1).

25 La colocación de las pegatinas en la carga es un procedimiento costoso, puesto que las cargas sensibles no pueden transportarse libremente, y han de viajar personas cualificadas en la ubicación de la carga.

Además, las pegatinas tienen que digitalizarse para mantener el control de sus posiciones, y por lo tanto pueden obtener la trayectoria de la carga cuando se eyecta de la aeronave. Esta digitalización es un procedimiento manual, sometido a errores humanos. También, esta digitalización es una tarea que lleva tiempo, y aumenta el coste global del procedimiento real.

30 Teniendo las pegatinas digitalizadas y colocadas en la carga, un operador tiene que localizarlas en los fotogramas capturados por las cámaras a bordo. Esta localización se realiza manualmente, y por lo tanto se somete a interpretación humana. Basándose en esta información, y en la información proporcionada por un taquímetro que puede medir la coordenada exacta de las pegatinas con respecto a sistemas de referencia de aeronaves, puede calcularse la trayectoria de una carga eyectada desde una aeronave.

35 Chuantao Zang et al ("A visual tracking strategy using Computer Graphics and edge", ROBOTICS AND BIOMIMETICS (ROBIO), 2011 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, 7 de diciembre de 2011 (07-12-2011), páginas 981-986) describe una estrategia de rastreo visual para reconocimiento de objeto en 3D y rastreo en aplicaciones de visión robótica, que adopta una estrategia de combinación de basta a precisa para rastreo de objeto en 3D.

40 Sería deseable por lo tanto proporcionar medios técnicos que puedan reducir el tiempo, el coste, y los errores humanos derivados del procedimiento actualmente existente.

Sumario de la invención

45 La presente invención supera las desventajas anteriormente mencionadas proporcionando un procedimiento y sistema de cálculo de la trayectoria de una carga eyectada desde una aeronave que ahorra tiempo y coste, y evita errores humanos proporcionando un procedimiento completamente automatizado para calcular la trayectoria de una carga eyectada.

50 Un aspecto de la presente invención se refiere a un procedimiento de cálculo de la trayectoria de una carga eyectada desde una aeronave. El procedimiento comprende proporcionar una cámara en una posición espacial y angular conocida instalada en una aeronave desde donde pueden obtenerse imágenes de una carga eyectada. La cámara proporciona una señal de vídeo formada por fotogramas a partir de las que pueden recuperarse varias imágenes de la carga eyectada (imágenes reales). La cámara tiene parámetros de calibración intrínsecos, tal como

distancia focal, aberraciones, punto central...etc., que caracterizan la lente de la cámara. Estos parámetros se tendrán en cuenta en el procedimiento para reproducir de manera precisa las características de las imágenes de cargas eyectadas.

5 Además, el procedimiento comprende proporcionar un modelo de carga en 3D en una posición espacial y angular conocida inicialmente de la carga. La geometría de la carga es conocida por lo tanto y puede recuperarse información en 3D cuando se procesa. La posición espacial y angular inicial de la carga se proporciona como punto de inicio de la trayectoria de la carga eyectada.

10 A continuación, se selecciona un fotograma de la señal de vídeo de la cámara para obtener una imagen real (imagen de carga eyectada). Después, la imagen real se procesa para obtener sus contornos, obteniendo por lo tanto una imagen real procesada (imagen de carga eyectada procesada).

15 Una vez que se obtiene la imagen real procesada, se genera una imagen sintética en 3D para cada posible movimiento (seis grados de libertad) de la carga eyectada con respecto a los mismos ejes de referencia de posiciones de cámara y carga. Para esta generación se consideran las posiciones espaciales y angulares de la cámara y de la carga, los parámetros de calibración de cámara, el fotograma seleccionado de la cámara, y el modelo de carga en 3D.

Cada imagen sintética en 3D se procesa para obtener el contorno de la carga, y obtener de esta manera imágenes sintéticas en 3D procesadas.

20 La imagen real procesada se hace coincidir con cada una de las imágenes sintéticas en 3D procesadas, y se selecciona la imagen sintética en 3D procesada que coincide mejor. Ambas imágenes (imagen real e imagen sintética en 3D) se han procesado para obtener sus contornos. Esto ahorra tiempo de procesamiento, y permite que se realice la adaptación considerando la geometría completa de la carga.

Se obtiene la posición espacial y angular de la imagen sintética en 3D procesada seleccionada y se registra para obtener un punto de la trayectoria de la carga.

25 A continuación, se actualiza la posición espacial y angular de la carga de la posición espacial y angular de la carga en la imagen sintética en 3D procesada seleccionada.

Después de eso, se selecciona otro fotograma de la cámara para obtener otra imagen real (nueva). El procedimiento vuelve al punto desde el cual se selecciona una imagen real para obtener otro punto de la trayectoria de la carga hasta que se alcanza una condición de parada establecida.

30 El procedimiento anteriormente mencionado es un procedimiento completamente automático, que además de ahorrar tiempo y coste, evita interacción humana, reduciendo errores potenciales y obteniendo de esta manera una trayectoria más precisa de la carga eyectada.

Otro aspecto de la invención hace referencia a un sistema de cálculo de la trayectoria de una carga eyectada desde una aeronave, que comprende un medio de cámara y procesamiento.

35 La cámara está localizada en una posición espacial y angular conocida de una aeronave desde donde pueden obtenerse imágenes de una carga eyectada. La cámara proporciona una señal de vídeo formada por fotogramas, y tiene parámetros de calibración intrínsecos.

40 Los medios de procesamiento están configurados para proporcionar un modelo de carga en 3D en una posición espacial y angular conocida inicialmente de la carga; seleccionar un fotograma de la señal de vídeo de la cámara para obtener una imagen real; obtener los contornos de la imagen real para obtener una imagen real procesada; generar, a partir de las posiciones espacial y angular de la cámara y de la carga, los parámetros de calibración de la cámara, el fotograma seleccionado de la cámara, y el modelo de carga en 3D, una imagen sintética en 3D para cada posible movimiento de la carga eyectada con respecto a los mismos ejes de referencia de posiciones de cámara y carga; obtener el contorno de la carga de cada una de las imágenes sintéticas en 3D para obtener imágenes sintéticas en 3D procesadas; hacer coincidir la imagen real procesada con cada una de las imágenes sintéticas en 45 3D procesadas; seleccionar la imagen sintética en 3D procesada que coincide mejor; obtener y registrar tanto la posición espacial como angular de la imagen sintética en 3D procesada seleccionada para obtener un punto de la trayectoria de la carga; actualizar la posición espacial y angular de la carga de la posición espacial y angular de la carga en la imagen sintética en 3D procesada seleccionada; y seleccionar otro fotograma de la cámara para obtener otra imagen real (nueva), y volver al punto desde el cual se selecciona para obtener otro punto de la trayectoria de la 50 carga hasta que se alcanza una condición de parada establecida.

El sistema anteriormente mencionado ahorra tiempo y coste, y evita errores humanos que tienen lugar de manera convencional con el uso de pegatinas.

Evitando la gestión de etiquetas (colocación, digitalización, localización informática...), se reducen considerablemente el tiempo y coste. El procedimiento basado en pegatinas es manual y requiere un usuario para

identificar una de las pegatinas digitalizadas en cada fotograma de la cámara. Proporcionando un sistema completamente automático, la invención reduce errores y proporciona un cálculo más preciso de la trayectoria de la carga eyectada.

- 5 La precisión de la trayectoria calculada se aumenta adicionalmente por el uso de la geometría total de la carga, en lugar del uso del centro de las pegatinas. En el procedimiento de fotogrametría usado de manera convencional, las pegatinas se vuelven muy pequeñas cuando la carga se aleja, y apuntar de manera visual a sus centros en el ordenador se hace difícil e impreciso.

Breve descripción de los dibujos

- 10 Para una mejor comprensión de la invención, se proporcionan los siguientes dibujos para fines ilustrativos y no limitantes, en los que:

La Figura 1 muestra las pegatinas colocadas tanto en una carga eyectada como una parte de una aeronave de acuerdo con el procedimiento del estado de la técnica.

La Figura 2 muestra una imagen real inicial, obtenida a partir de un fotograma de la señal de vídeo de una cámara a bordo.

- 15 La Figura 3 muestra una imagen real procesada en la que se han obtenido los contornos de la imagen real.

La Figura 4 muestra una imagen sintética en 3D para uno de los posibles movimientos de la carga eyectada.

La Figura 5 muestra una imagen sintética en 3D procesada en la que se han obtenido los contornos de la imagen sintética en 3D.

La Figura 6 muestra la imagen sintética en 3D procesada que coincide mejor.

- 20 La Figura 7 muestra los ejes de referencia de aeronave xyz, y los ángulos de referencia de aeronave alabeo, cabeceo y guiñada.

La Figura 8 muestra un gráfico que compara la trayectoria de coordenada x teórica (real) y calculada de una carga eyectada durante un número de fotogramas.

- 25 La Figura 9 muestra un gráfico que compara la trayectoria de coordenada y teórica (real) y calculada de una carga eyectada durante un número de fotogramas.

La Figura 10 muestra un gráfico que compara la trayectoria de coordenada z teórica (real) y calculada de una carga eyectada durante un número de fotogramas.

- 30 La Figura 11 muestra un gráfico que compara la trayectoria de alabeo teórica (real) y calculada de una carga eyectada durante un número de fotogramas.

La Figura 12 muestra un gráfico que compara la trayectoria de cabeceo teórica (real) y calculada de una carga eyectada durante un número de fotogramas.

La Figura 13 muestra un gráfico que compara la trayectoria de guiñada teórica (real) y calculada de una carga eyectada durante un número de fotogramas.

- 35 **Realizaciones preferentes de la invención**

Las Figuras 2 a 6 muestran diferentes imágenes del procedimiento de cálculo de la trayectoria de una carga eyectada de acuerdo con la invención.

- 40 El procedimiento comprende proporcionar una cámara en una posición espacial y angular conocida de una aeronave (1) desde donde pueden obtenerse imágenes de una carga (2) eyectada. La cámara proporciona una señal de vídeo formada por fotogramas que contienen imágenes (3) reales. La cámara tiene parámetros de calibración intrínsecos que se aplicarán en la generación de las imágenes sintéticas en 3D para proporcionar imágenes sintéticas más precisas.

De acuerdo con el procedimiento, cada uno de los fotogramas de la señal de vídeo de la cámara se selecciona para obtener una imagen (3) real. La Figura 2 muestra un ejemplo de una imagen (3) real.

- 45 Después, se procesa la imagen (3) real para obtener los contornos de imagen. Con eso, se obtiene una imagen (4) real procesada. La Figura 3 muestra esta imagen (4) real procesada.

Además de las imágenes (3, 4) reales, el procedimiento requiere el uso de imágenes sintéticas en 3D. Para eso, el

modelo de carga en 3D y su posición espacial y angular inicial han de conocerse y proporcionarse al procedimiento.

5 Para la generación de imágenes (5) sintéticas en 3D, el procedimiento requiere posiciones espaciales y angulares de la carga, los parámetros de calibración de la cámara, el fotograma seleccionado de la cámara, y el modelo de carga en 3D. Con eso, se genera una imagen (5) sintética en 3D para cada posible movimiento de la carga eyectada con respecto a los mismos ejes (8, 9) de referencia de las posiciones de cámara y carga. La Figura 4 muestra una de estas imágenes (5) sintéticas en 3D generadas.

Después, se procesa cada una de las imágenes (5) sintéticas en 3D para obtener el contorno (2a) de la carga. Con eso, se obtienen imágenes (6) sintéticas en 3D procesadas. La Figura 5 muestra una de estas imágenes (6) sintéticas en 3D procesadas.

10 A continuación, cada una de las imágenes (6) sintéticas en 3D procesadas se hace coincidir con la imagen (4) real procesada, y se selecciona la imagen (7) sintética en 3D procesada que coincide mejor.

La coincidencia está basada en contornos de imagen. Esto ahorra tiempo de procesamiento al mismo tiempo que proporciona información completa de la geometría de la carga.

15 Se obtiene la posición espacial y angular de la imagen (7) sintética en 3D procesada seleccionada (que coincide mejor) y se registra para obtener un punto de la trayectoria de la carga. La Figura 6 muestra esta imagen (7) sintética en 3D procesada que coincide mejor.

20 Después de eso, se actualiza la posición espacial y angular de la carga (2) de la posición espacial y angular de la imagen (7) sintética en 3D procesada seleccionada. Se selecciona otro fotograma de la cámara para obtener una nueva imagen (3) real, y el procedimiento vuelve al punto desde el cual se selecciona una imagen real para obtener otro punto de la trayectoria de la carga hasta que se alcanza una condición de parada establecida.

De acuerdo con una realización preferente, se alcanza la condición de parada cuando el número de fotogramas analizados corresponde a una separación de 5 - 6 m de la carga con respecto a la aeronave. Este número de fotogramas analizados depende de los parámetros de la cámara, que normalmente proporcionan 100 - 200 fotogramas por segundo, y la trayectoria teórica de la carga.

25 De acuerdo con otra realización preferente, hacer coincidir cada una de las imágenes (6) sintéticas en 3D procesadas con la imagen (4) real procesada comprende restar la imagen (4) real procesada de cada una de la imagen (6) sintética en 3D procesada obtenida, y seleccionar la imagen (7) sintética en 3D procesada que coincide mejor comprende seleccionar la imagen (6) sintética en 3D procesada cuya resta con la imagen (4) real procesada ha obtenido un número mínimo de píxeles diferenciales.

30 De acuerdo con otra realización preferente, obtener los contornos de la imagen (3) real y obtener el contorno (2a) de la carga de cada una de las imágenes (5) sintéticas en 3D generadas comprende convertir tanto dicha imagen (3) real como imagen (5) sintética en 3D en imágenes en blanco y negro en las que se establecen píxeles de contorno en blanco y los píxeles restantes de la imagen se establecen en negro, y en el que seleccionar la imagen (7) sintética en 3D procesada que coincide mejor comprende seleccionar la imagen (6) sintética en 3D procesada cuya resta con la imagen (4) real procesada ha obtenido un número mínimo de píxeles blancos.

35 La Figura 7 muestra los ejes (8) de referencia de aeronave xyz, y los ángulos (9) de referencia de aeronave de alabeo, cabeceo y guiñada.

40 Preferentemente, las posiciones espaciales de cámara y carga referencian en ejes (8) de referencia de la aeronave xyz, y las posiciones angulares de cámara y carga referencian en ejes (9) de referencia de la aeronave de alabeo, cabeceo y guiñada.

Las Figuras 8 a 13 muestran la trayectoria calculada por el procedimiento de la invención en una línea continua, y la trayectoria teórica (real) seguida por la carga eyectada en una línea discontinua.

45 La Figura 8 muestra un gráfico que compara la trayectoria de coordenada x teórica (real) y la calculada de una carga eyectada durante 40 fotogramas. Como se muestra, la trayectoria calculada es casi la misma que la trayectoria teórica. Las diferencias en el eje de referencia x son:
Máximo: 0,030723 m, promedio: 0,009199 m

50 La Figura 9 muestra un gráfico que compara la trayectoria de coordenada y teórica (real) y la calculada de una carga eyectada durante 40 fotogramas. Como se muestra, la trayectoria calculada es casi la misma que la trayectoria teórica durante el transcurso de los primeros 25 fotogramas. Después de eso, aparece una pequeña diferencia. Las diferencias en el eje de referencia y son:
Máximo: 0,03607 m, promedio: 0,014485 m

La Figura 10 muestra un gráfico que compara la trayectoria de coordenada z teórica (real) y la calculada de una carga eyectada durante 40 fotogramas. Como se muestra, la trayectoria calculada es casi la misma que la trayectoria teórica. Las diferencias en el eje de referencia z son: Máximo: 0,016379 m, promedio: 0,002093 m

La Figura 11 muestra un gráfico que compara la trayectoria de alabeo teórica (real) y la calculada de una carga eyectada durante 40 fotogramas. Como se muestra, la trayectoria calculada es casi la misma que la trayectoria teórica. Las diferencias en el ángulo de referencia de alabeo son: Máximo: $1,339979^\circ$, promedio: $0,776648^\circ$

5 La Figura 12 muestra un gráfico que compara la trayectoria de cabeceo teórica (real) y la calculada de una carga eyectada durante 40 fotogramas. Como se muestra, la trayectoria calculada es casi la misma que la trayectoria teórica. Las diferencias en el ángulo de referencia de cabeceo son: Máximo: $0,119718136^\circ$, promedio: $0,114493463^\circ$

La Figura 13 muestra un gráfico que compara la trayectoria de guiñada teórica (real) y la calculada de una carga eyectada durante 40 fotogramas. Como se muestra, la trayectoria calculada es casi la misma que la trayectoria teórica. Las diferencias en el ángulo de referencia de guiñada son: Máximo: $0,600829^\circ$, promedio: $0,359876^\circ$

10 Como se observa, el procedimiento de la invención proporciona un cálculo muy preciso de la trayectoria de una carga eyectada.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de cálculo de la trayectoria de una carga (2) eyectada desde una aeronave (1), que comprende las siguientes etapas:

- 5 a) proporcionar una cámara en una posición espacial y angular conocida de una aeronave (1) desde donde pueden obtenerse imágenes de una carga (2) eyectada, proporcionando dicha cámara una señal de vídeo formada por fotogramas, y que tiene parámetros de calibración intrínsecos,
- b) proporcionar un modelo de carga en 3D en una posición espacial y angular conocida inicialmente de la carga (2),
- 10 c) seleccionar un fotograma de la señal de vídeo de la cámara para obtener una imagen (3) real,
- d) obtener los contornos de la imagen (3) real para obtener una imagen (4) real procesada,
- e) generar, a partir de las posiciones espaciales y angulares de la cámara y la carga, los parámetros de calibración de la cámara, el fotograma seleccionado de la cámara, y el modelo de carga en 3D, una imagen (5) sintética en 3D para cada posible movimiento de la carga eyectada con respecto a los mismos ejes (8, 9) de referencia de las posiciones de cámara y carga,
- 15 f) obtener el contorno (2a) de la carga a partir de cada una de las imágenes (5) sintéticas en 3D para obtener imágenes (6) sintéticas en 3D procesadas,
- g) hacer coincidir cada una de las imágenes (6) sintéticas en 3D procesadas con la imagen (4) real procesada,
- h) seleccionar la imagen (7) sintética en 3D procesada que coincide mejor,
- i) obtener y registrar tanto la posición espacial como angular de la imagen (7) sintética en 3D procesada
- 20 seleccionada para obtener un punto de la trayectoria de la carga,
- j) actualizar la posición espacial y angular de la carga (2) a partir de la posición espacial y angular de la carga en la imagen (7) sintética en 3D procesada seleccionada,
- k) seleccionar otro fotograma de la cámara para obtener otra imagen (3) real, y volver a d) hasta que se alcanza una condición de parada establecida.

25 2. Un procedimiento de cálculo de la trayectoria de una carga (2) eyectada desde una aeronave (1), de acuerdo con la reivindicación 1, en el que hacer coincidir cada una de las imágenes (6) sintéticas en 3D procesadas con la imagen (4) real procesada comprende restar la imagen (4) real procesada de cada una de la imagen (6) sintética en 3D procesada obtenida, y en el que seleccionar la imagen (7) sintética en 3D procesada que coincide mejor

30 comprende seleccionar la imagen (6) sintética en 3D procesada cuya resta con la imagen (4) real procesada ha obtenido un número mínimo de píxeles diferenciales.

3. Un procedimiento de cálculo de la trayectoria de una carga (2) eyectada desde una aeronave (1), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que obtener los contornos de la imagen (3) real y obtener el contorno (2a) de la carga a partir de cada una de las imágenes (5) sintéticas en 3D generadas comprende convertir

35 tanto dicha imagen (3) real como la imagen (5) sintética en 3D en imágenes en blanco y negro en las que se establecen píxeles de contorno en blanco y los píxeles restantes de la imagen se establecen en negro, y en el que seleccionar la imagen (7) sintética en 3D procesada que coincide mejor comprende seleccionar la imagen (6) sintética en 3D procesada cuya resta con la imagen (4) real procesada ha obtenido un número mínimo de píxeles blancos.

4. Un procedimiento de cálculo de la trayectoria de una carga (2) eyectada desde una aeronave (1), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las posiciones espaciales de la cámara y carga referencian en ejes (8) de referencia de la aeronave xyz, y en el que las posiciones angulares de la cámara y la carga referencian a ángulos (9) de referencia de la aeronave de alabeo, cabeceo y guiñada.

5. Un sistema de cálculo de la trayectoria de una carga (2) eyectada desde una aeronave (1), que comprende:

- 45 • una cámara localizada en una posición espacial y angular conocida de una aeronave (1) desde donde pueden obtenerse imágenes de una carga (2) eyectada, proporcionando la cámara una señal de vídeo formada por fotogramas, y que tiene parámetros de calibración intrínsecos,
- medios de procesamiento configurados para:

- l) proporcionar un modelo de carga en 3D en una posición espacial y angular conocida inicialmente de la carga (2),
- 50 m) seleccionar un fotograma de la señal de vídeo de la cámara para obtener una imagen (3) real,
- n) obtener los contornos de la imagen (3) real para obtener una imagen (4) real procesada,
- o) generar, a partir de las posiciones espaciales y angulares de la cámara y carga, los parámetros de calibración de la cámara, el fotograma seleccionado de la cámara, y el modelo de carga en 3D, una imagen (5) sintética en 3D para cada posible movimiento de la carga eyectada con respecto a los mismos ejes (8, 9) de referencia de las posiciones de la cámara y carga,
- 55 p) obtener el contorno (2a) de la carga a partir de cada una de las imágenes (5) sintéticas en 3D para obtener imágenes (6) sintéticas en 3D procesadas,
- q) hacer coincidir cada una de las imágenes (6) sintéticas en 3D procesadas con la imagen (4) real procesada,

- r) seleccionar la imagen (7) sintética en 3D procesada que coincide mejor,
s) obtener y registrar tanto la posición espacial como angular de la imagen (7) sintética en 3D procesada seleccionada para obtener un punto de la trayectoria de la carga,
t) actualizar la posición espacial y angular de la carga (2) a partir de la posición espacial y angular de la carga en la imagen (7) sintética en 3D procesada seleccionada,
u) seleccionar otro fotograma de la cámara para obtener otra imagen (3) real, y volver a n) hasta que se alcanza una condición de parada establecida.
- 5
6. Un sistema de cálculo de la trayectoria de una carga (2) eyectada desde una aeronave (1), de acuerdo con la reivindicación 5, en el que los medios de procesamiento están configurados adicionalmente para:
- 10
- restar la imagen (4) real procesada de cada imagen (6) sintética en 3D procesada, cuando se hace coincidir la imagen (4) real procesada con cada imagen (6) filtrada sintética en 3D procesada, y
 - seleccionar la imagen (6) sintética en 3D procesada cuya resta con la imagen (4) real procesada ha obtenido un número mínimo de píxeles diferenciales, cuando se selecciona la imagen (7) sintética en 3D procesada que coincide mejor.
- 15
7. Un sistema de cálculo de la trayectoria de una carga (2) eyectada desde una aeronave (1), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 y 6, en el que los medios de procesamiento están configurados adicionalmente para:
- 20
- convertir tanto la imagen (3) real como las imágenes (5) sintéticas en 3D en imágenes en blanco y negro en el que los píxeles de contorno se establecen en blanco y los píxeles restantes de la imagen se establecen en negro, cuando se obtienen los contornos de la imagen (3) real y el contorno (2a) de la carga de cada una de las imágenes (5) sintéticas en 3D, y
 - seleccionar la imagen (6) sintética en 3D procesada cuya resta con la imagen (4) real procesada obtiene un número mínimo de píxeles blancos, como la imagen (7) sintética en 3D procesada que coincide mejor.
- 25
8. Un sistema de cálculo de la trayectoria de una carga (2) eyectada desde una aeronave (1), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en el que las posiciones espaciales de la cámara y la carga se referencian en ejes (8) de referencia de la aeronave xyz, y en el que las posiciones angulares de la cámara y la carga se referencian como ángulos (9) de referencia de alabeo, cabeceo y guiñada.

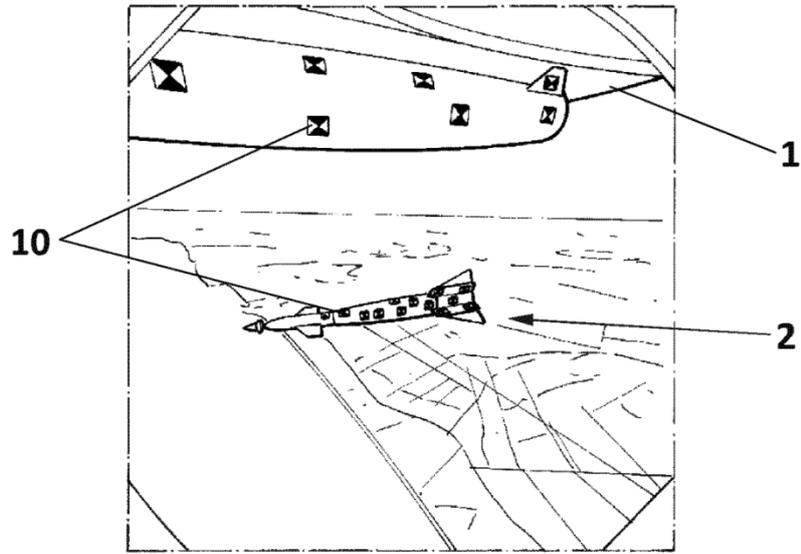


FIG. 1
(TÉCNICA ANTERIOR)

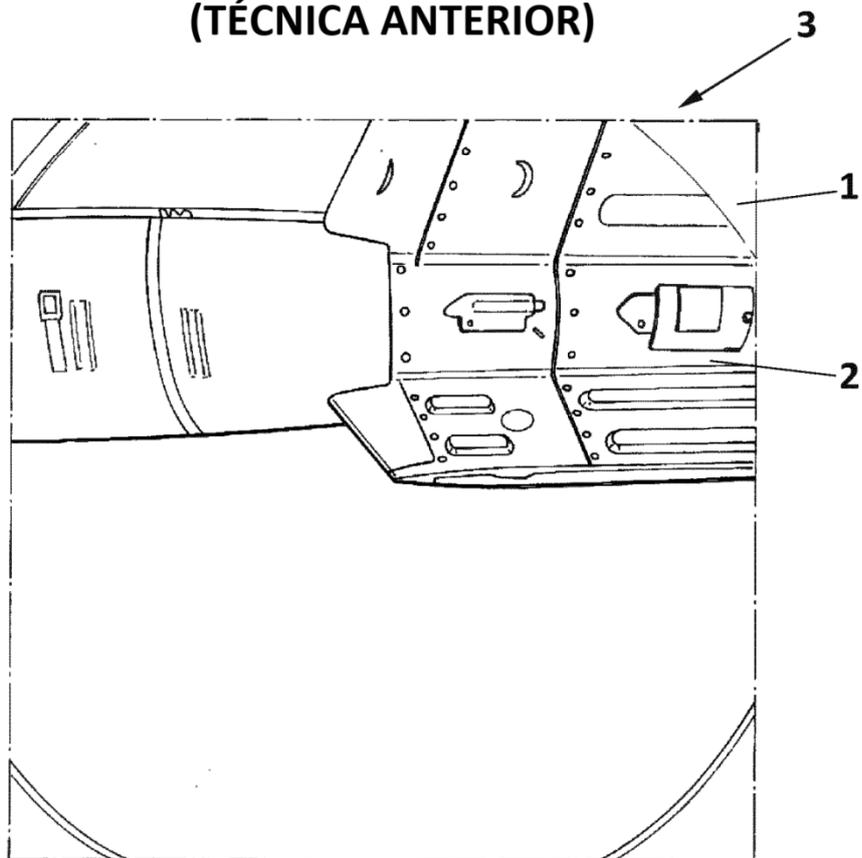


FIG. 2

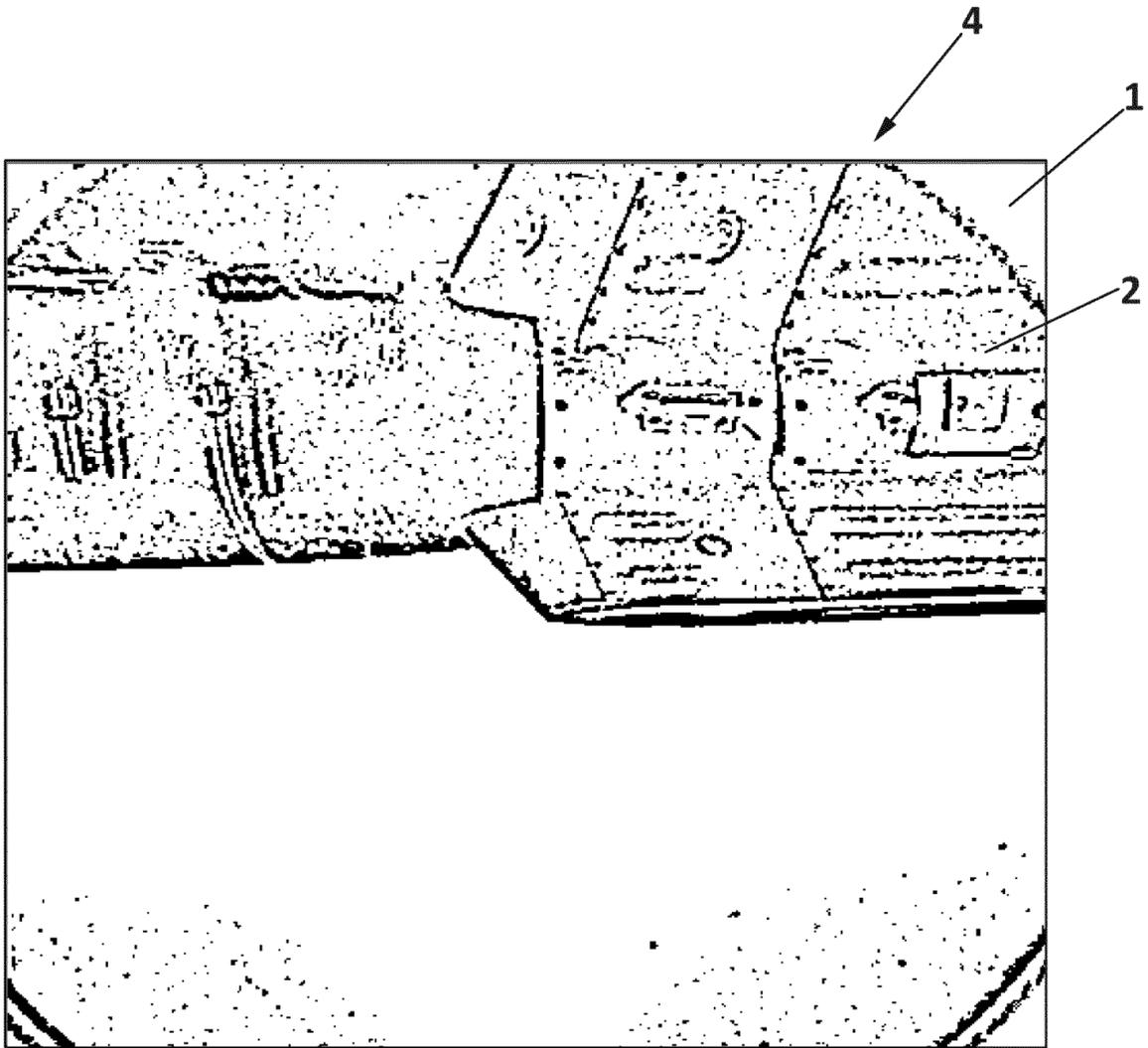


FIG. 3

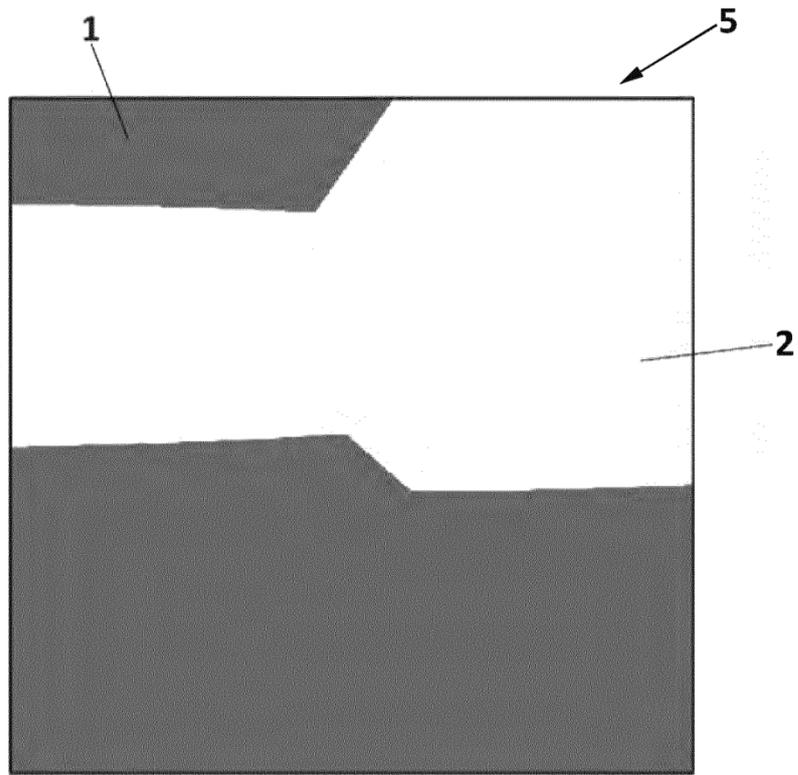


FIG. 4

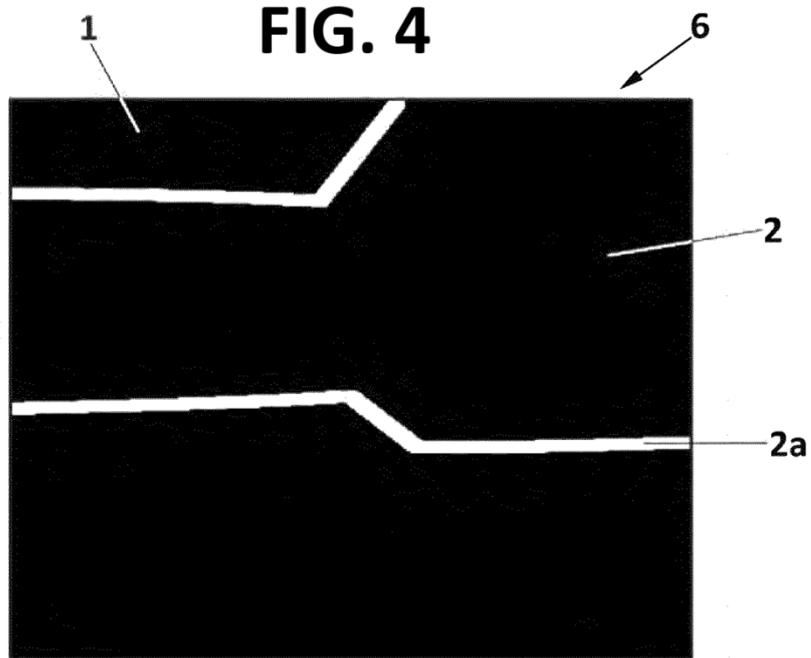


FIG. 5

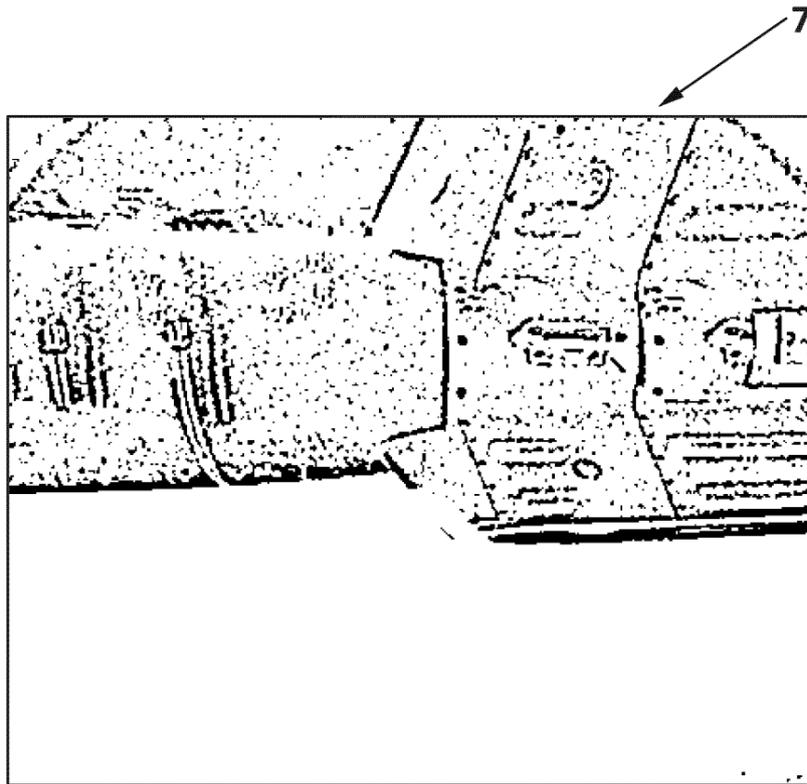


FIG. 6

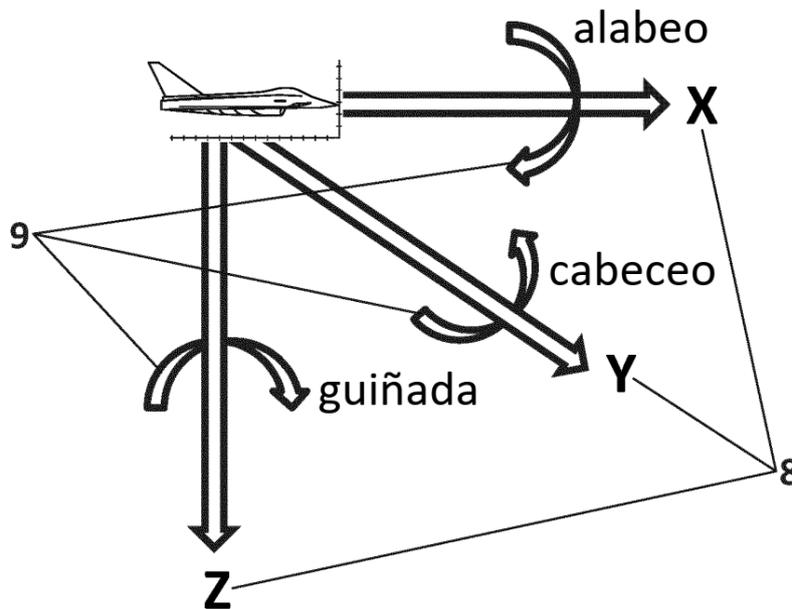


FIG. 7

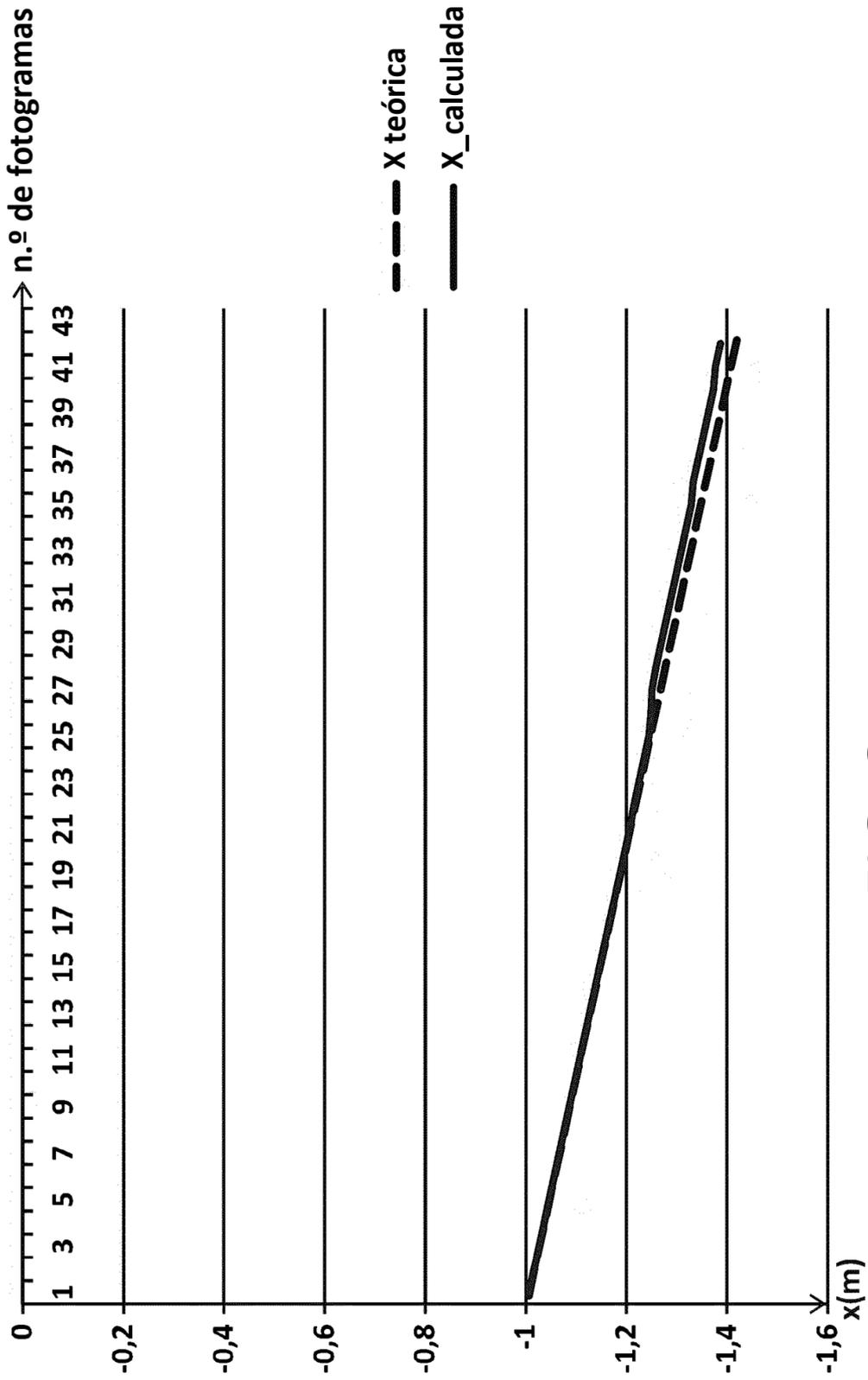


FIG. 8

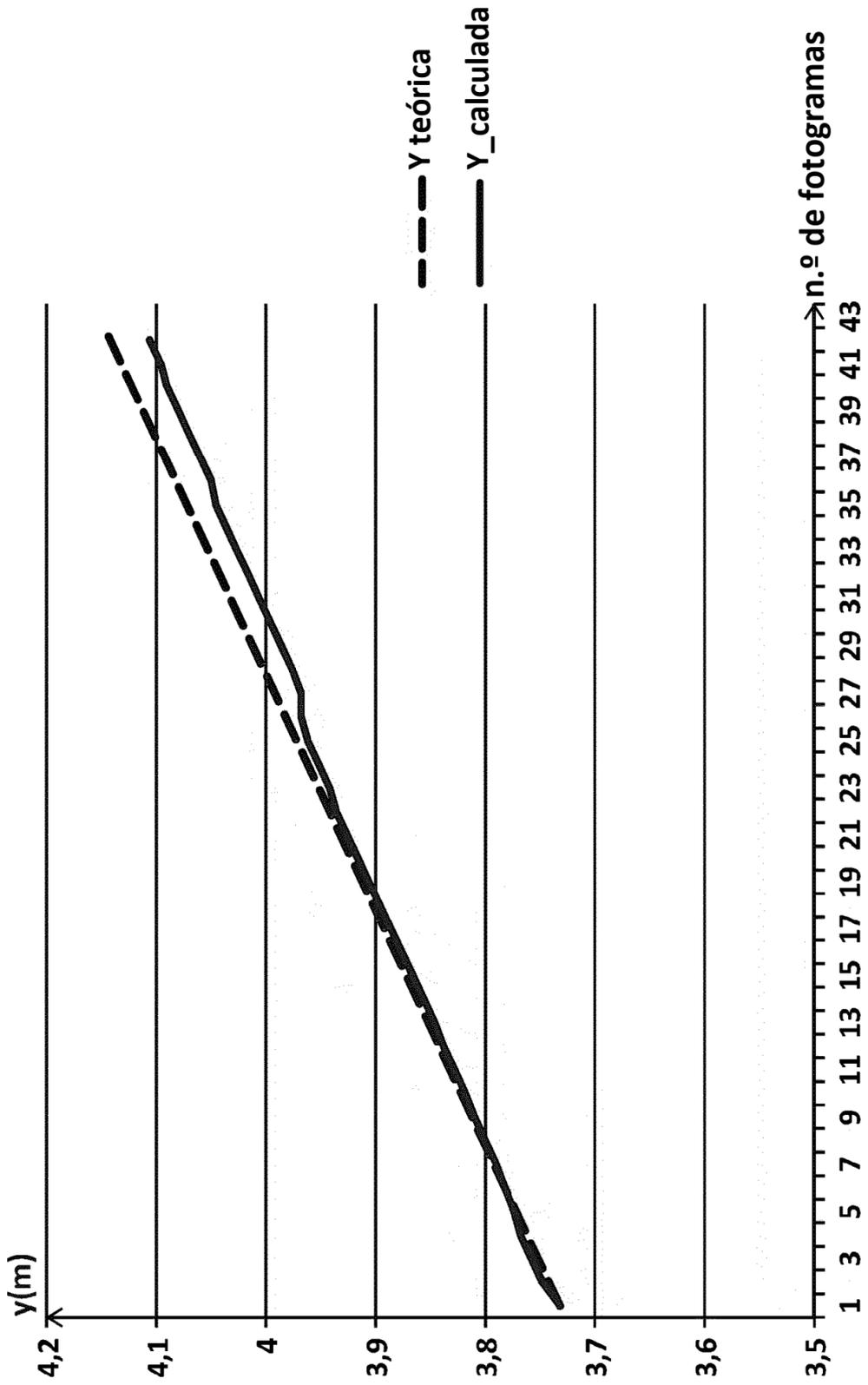


FIG. 9

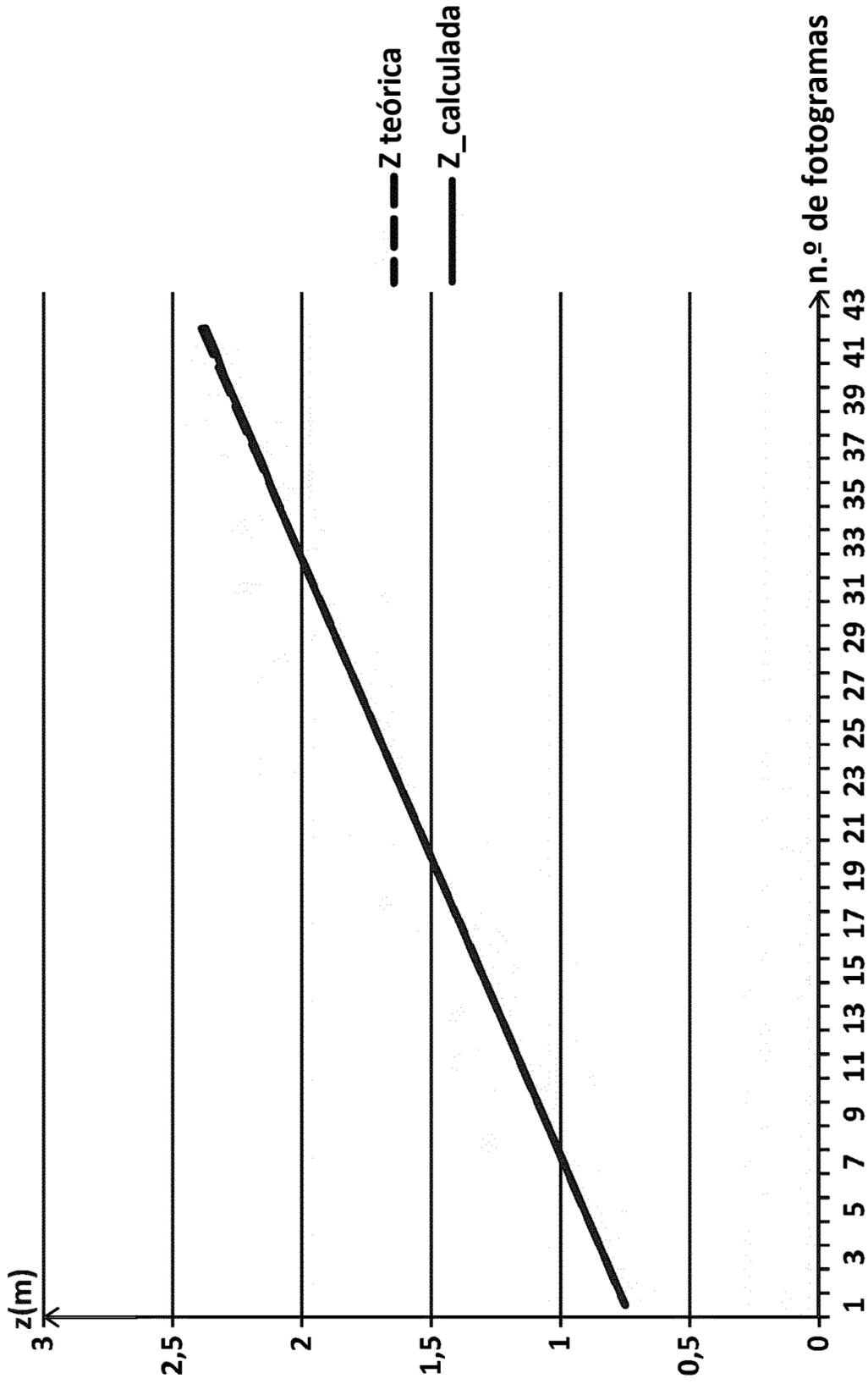


FIG. 10

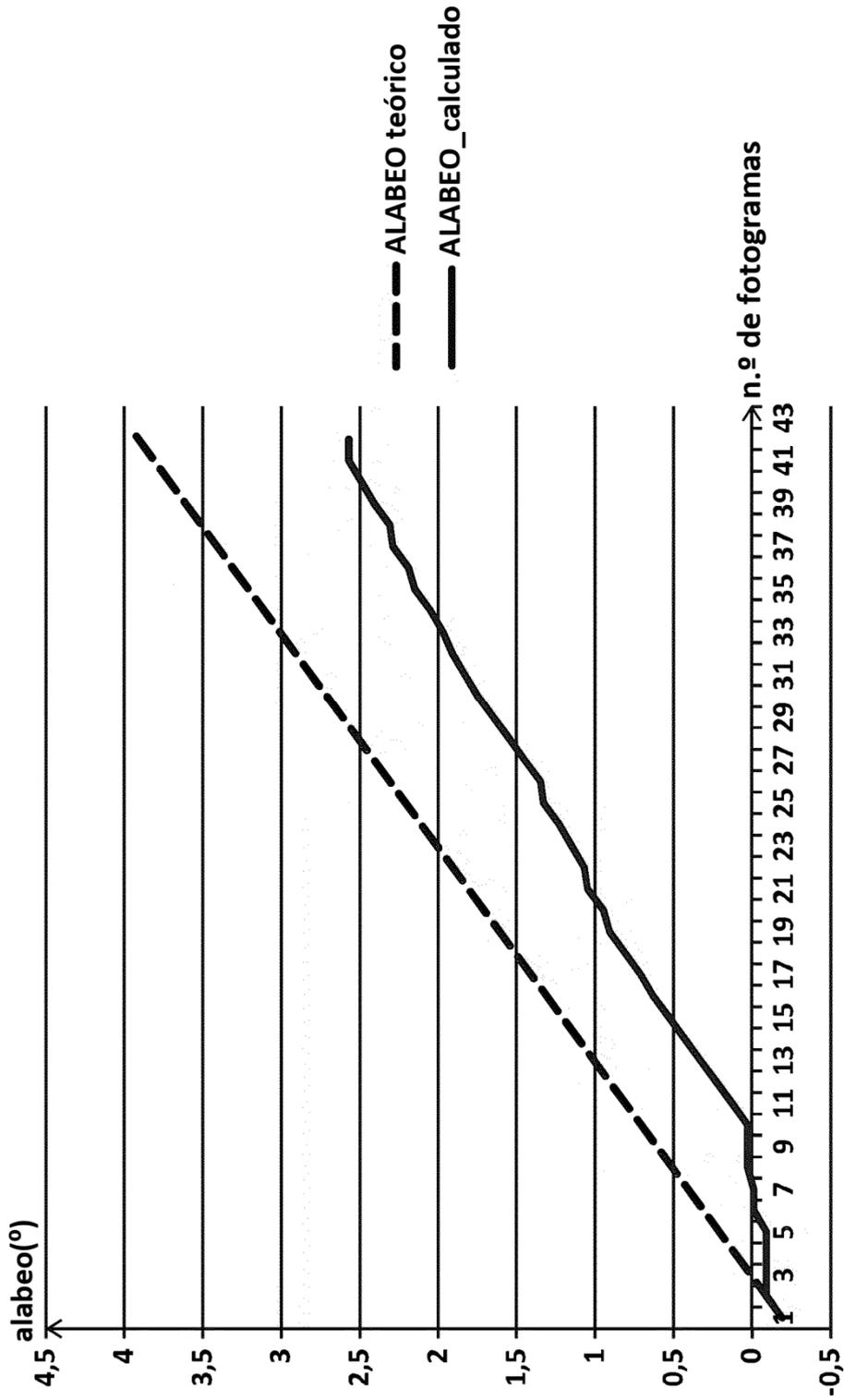


FIG. 11

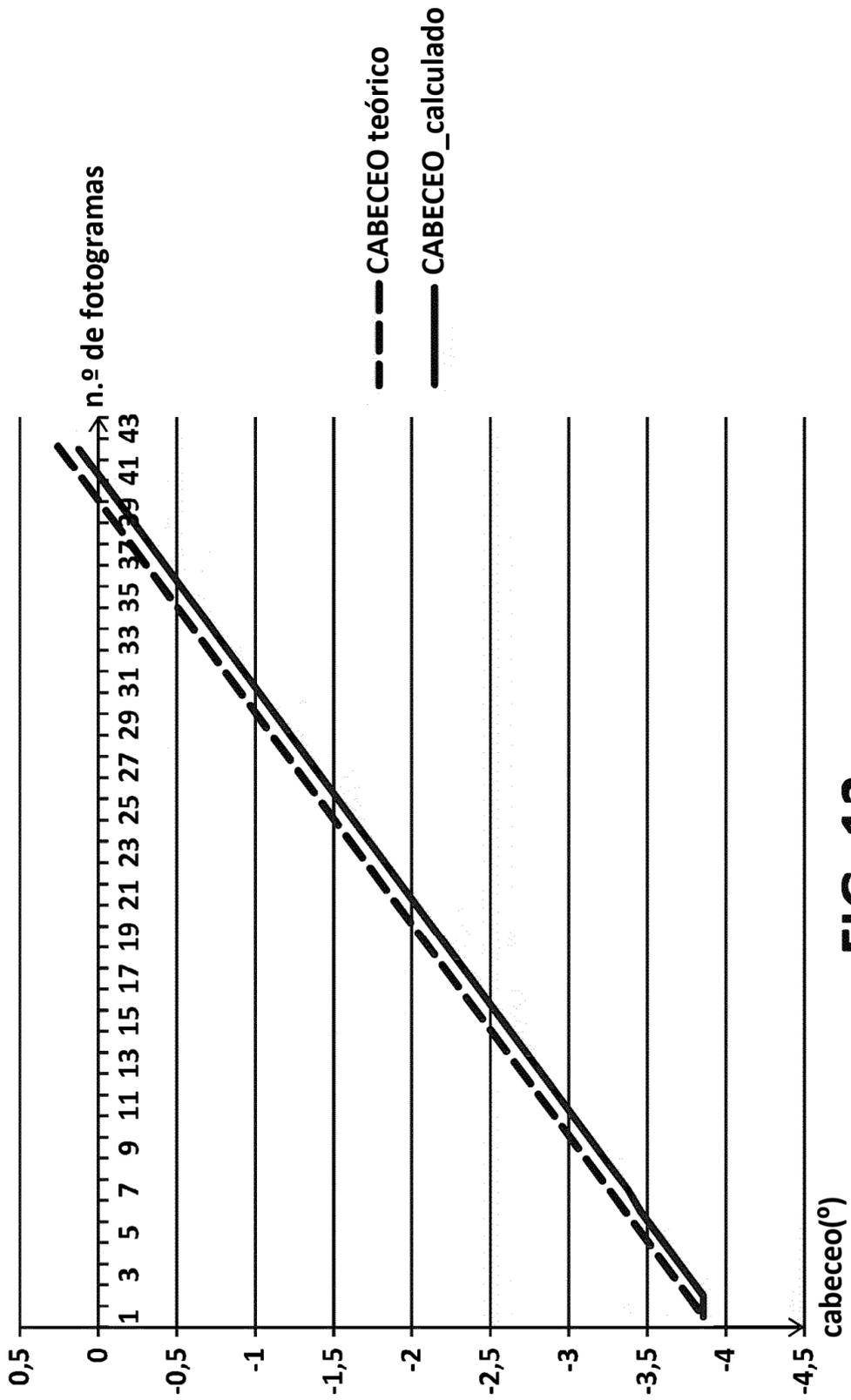


FIG. 12

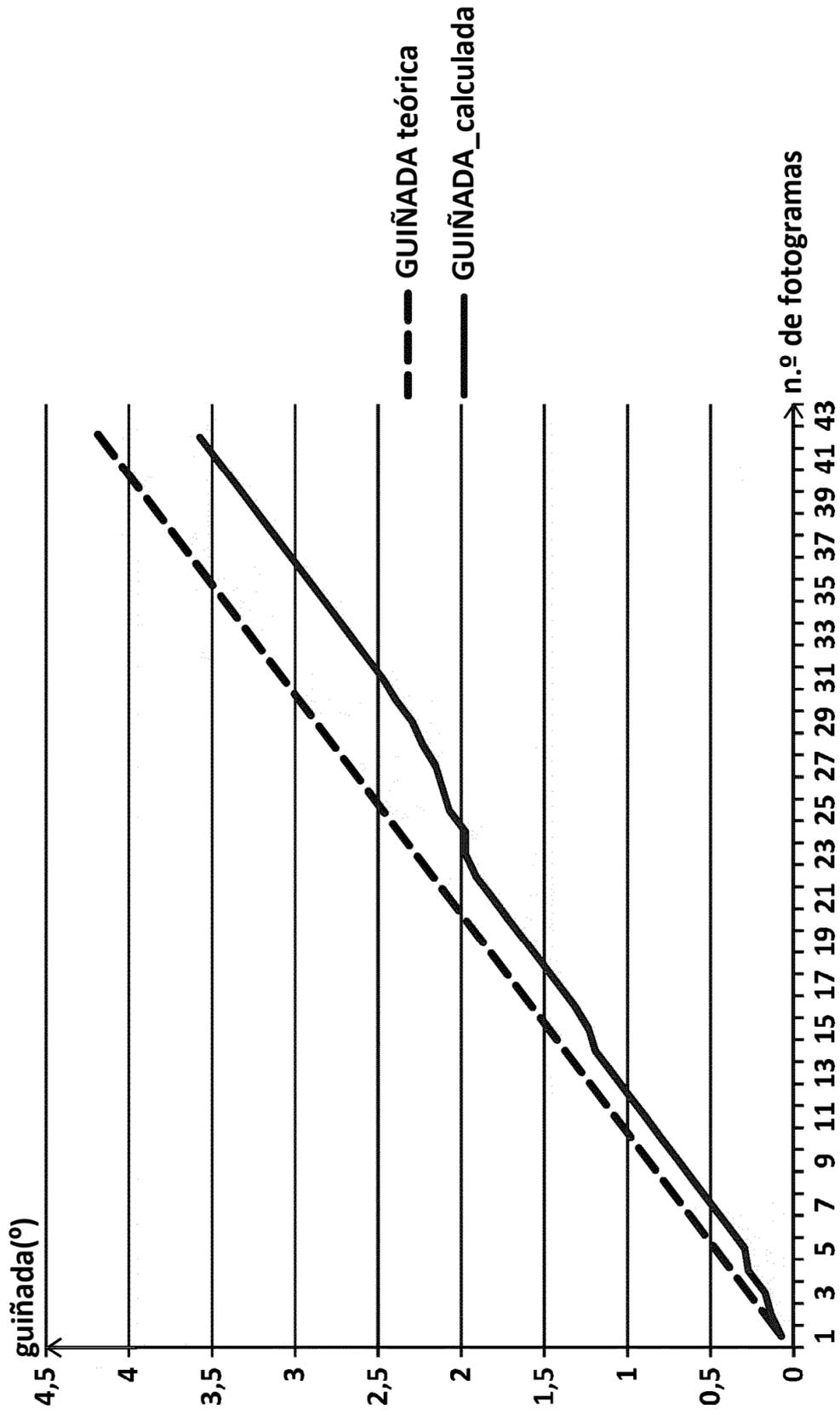


FIG. 13