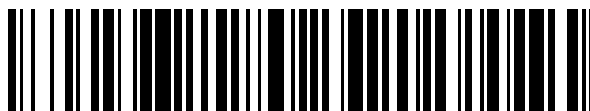


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 785 302**

51 Int. Cl.:

G01B 21/16 (2006.01)
G01B 21/20 (2006.01)
G01B 11/00 (2006.01)
G01B 11/02 (2006.01)
G01B 11/14 (2006.01)
G01B 11/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.08.2013** E 13181494 (9)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.03.2020** EP 2703776

54 Título: **Método y sistema para inspeccionar una pieza de trabajo**

30 Prioridad:

27.08.2012 US 201213594928

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

06.10.2020

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**DOYLE, JOSEPH D. y
DAVIES, PAUL R.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 785 302 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 inspeccionar una pieza de trabajo

Antecedentes

5 La presente divulgación se refiere, en general, a la inspección no destructiva de piezas de trabajo y, más en particular, a métodos y sistemas para una inspección automatizada de una pieza de trabajo.

La producción de una pieza de trabajo o conjunto puede requerir el uso de múltiples piezas y herramientas. Es deseable realizar una inspección precisa y fiable del conjunto durante y después de su construcción para garantizar la calidad de producción mediante la identificación de posibles problemas, tales como errores del conjunto, daños de un componente en el conjunto y/o restos de objetos extraños (FOD).

10 Al menos, algunas inspecciones de conjuntos conocidas se realizan manualmente. En inspecciones de este tipo, los inspectores usan normalmente inspecciones visuales y táctiles, en combinación con su conocimiento personal, para comparar la pieza de trabajo con un modelo o diagrama de diseño. Sin embargo, las inspecciones manuales, en general, requieren que los inspectores inspeccionen visualmente, toquen y sientan la pieza de trabajo para detectar diferencias entre el conjunto y el modelo. Como tal, las inspecciones manuales suponen la posibilidad de errores humanos. Por ejemplo, los conjuntos grandes tales como aviones, trenes, automóviles y barcos pueden incluir objetos pequeños en áreas que tienen accesibilidad limitada y para los inspectores, por lo tanto, dichas áreas pueden resultar difíciles de inspeccionar. Asimismo, las inspecciones manuales pueden llevar mucho tiempo y/o requerir mano de obra cualificada costosa. En algunos casos, los inspectores pueden usar una herramienta pequeña de inspección óptica, tal como un horóscopo o tecnología de rayos X, pero los métodos de inspección de este tipo presentan aún una posibilidad de que se produzcan errores humanos, ya que requieren que los inspectores reconozcan visualmente diferencias entre la pieza de trabajo y el modelo. Asimismo, la tecnología de rayos X solo se puede usar en un grupo limitado de materiales, ya que algunos materiales no son visibles usando tecnología de rayos X.

25 Otros métodos de inspección conocidos usan un procesamiento de imágenes automatizado para realizar las inspecciones. Durante las inspecciones, las imágenes de una pieza de trabajo se capturan y analizan usando el procesamiento de imágenes, de modo que las características de las imágenes se comparan con una biblioteca de características estándar. Las características se pueden identificar usando el ajuste de bordes, la coincidencia de colores y el redimensionamiento de objetos flexibles. Sin embargo, los métodos de inspección de este tipo aún pueden ser imprecisos cuando se identifican piezas pequeñas y cuando se inspeccionan objetos del mismo color. Asimismo, las áreas que se pueden inspeccionar usando tecnologías de este tipo pueden estar limitadas.

30 El documento US 2006/0265177 divulga un método para determinar las coordenadas 3D de la superficie de un objeto. Un sistema de rastreo rastrea un dispositivo de medición 3D que mide la superficie de un objeto.

Breve descripción

35 En un aspecto, se proporciona un método para inspeccionar una pieza de trabajo. El método incluye la introducción de los datos del modelo asociado con la pieza de trabajo en un sistema de inspección, la determinación de una posición relativa de un dispositivo de detección de profundidad en relación con la pieza de trabajo y la calibración de una vista de la postura del sistema de inspección en relación con el modelo, en función de la posición del dispositivo de detección de profundidad con respecto a la pieza de trabajo. El método incluye, además, la medición de datos reales de distancia de profundidad de, al menos, un píxel del dispositivo de detección de profundidad en relación con la pieza de trabajo y la determinación de si la pieza de trabajo cumple con los criterios de inspección predeterminados, en función de los datos reales de distancia de profundidad. Un método de este tipo está definido en su totalidad en la reivindicación 1 independiente.

45 De acuerdo con un ejemplo no reivindicado como tal, se proporciona un sistema informático para inspeccionar una pieza de trabajo. El sistema informático incluye un procesador y un dispositivo de almacenamiento legible por ordenador que tiene instrucciones codificadas legibles por ordenador que se pueden ejecutar mediante el procesador para realizar funciones. El procesador realiza funciones que incluyen la introducción de datos del modelo asociado con la pieza de trabajo en el dispositivo de almacenamiento y la determinación de una posición relativa de un dispositivo de detección de profundidad en relación con la pieza de trabajo. El procesador realiza, además, funciones que incluyen la calibración de una vista de postura del sistema informático en relación con el modelo, en función de la posición del dispositivo de detección de profundidad en relación con la pieza de trabajo. El procesador realiza, además, funciones que incluyen la medición de datos reales de distancia de profundidad de, al menos, un píxel del dispositivo de detección de profundidad en relación con la pieza de trabajo y la determinación de si la pieza de trabajo cumple con los criterios de inspección predeterminados, en función de los datos reales de distancia de profundidad.

En otro aspecto más, se proporciona un sistema para inspeccionar una pieza de trabajo. El sistema incluye un

5 dispositivo de detección de profundidad configurado para medir datos reales de distancia de profundidad de, al menos, un píxel del dispositivo de detección de profundidad en relación con la pieza de trabajo. El sistema incluye, también, un sistema de detección de postura configurado para determinar una posición relativa del dispositivo de detección de profundidad en relación con la pieza de trabajo. El sistema incluye, también, un sistema informático de inspección en comunicación con el dispositivo de detección de profundidad y el sistema de detección de postura. El sistema de inspección está programado para introducir datos del modelo asociado con la pieza de trabajo y calibrar una vista de postura del sistema de inspección en relación con el modelo, en función de la posición del dispositivo de detección de profundidad en relación con la pieza de trabajo. El sistema de inspección está programado, además, para determinar si la pieza de trabajo cumple con los criterios de inspección predeterminados, en función de los datos reales de distancia de profundidad. Un sistema de este tipo está definido en su totalidad en la reivindicación 10 independiente.

Ventajosamente, la introducción de datos del modelo comprende la introducción de datos del modelo de diseño asistido por ordenador asociado con la pieza de trabajo. Ventajosamente, la introducción de datos del modelo puede comprender, además, la introducción de un modelo de la pieza de trabajo previamente escaneado.

15 Ventajosamente, la determinación de la posición relativa del dispositivo de detección de profundidad comprende la definición de un sistema de coordenadas originadas en una posición designada de la pieza de trabajo y la determinación de una ubicación del dispositivo de detección de profundidad en relación con la pieza de trabajo usando una pluralidad de cámaras de detección de posición. Ventajosamente, el método puede comprender, además, la transmisión al sistema de inspección de la ubicación del dispositivo de detección de profundidad.

20 Ventajosamente, la medición de la distancia real de profundidad incluye mover el dispositivo de detección de profundidad alrededor de la pieza de trabajo para capturar una pluralidad de distancias reales de profundidad, comprendiendo dicho método, además, la comparación de la pluralidad de distancias reales de profundidad con una pluralidad de distancias de profundidad del modelo asociado para identificar partes no equivalentes.

25 De acuerdo con la invención, la determinación, en función de los datos reales de distancia de profundidad, comprende, además, el cálculo de los datos de distancia de profundidad del modelo de la vista de postura del sistema de inspección, en donde los datos de distancia de profundidad del modelo representan una distancia de profundidad del modelo desde la vista de postura del sistema de inspección hasta la pieza de trabajo del modelo, determinando si la distancia real de profundidad difiere de la distancia de profundidad del modelo; y determinando si la diferencia cumple con los criterios de inspección cuando la distancia real de profundidad difiere de la distancia de profundidad del modelo. La conformidad con el umbral indica que la pieza de trabajo está en condiciones aceptables. Además, el método puede comprender la visualización de una parte de la pieza de trabajo que no está presente en la pieza de trabajo del modelo usando una superposición aplicada a una vista del dispositivo de detección de profundidad. Además, la superposición puede estar configurada para ilustrar la presencia de, al menos, uno de los restos de objetos extraños, un componente faltante, un error del conjunto y un componente dañado. Ventajosamente, la medición de los datos reales de distancia de profundidad comprende, además, la creación de una nube de puntos tridimensional.

35 Ventajosamente, para introducir los datos del modelo, el sistema informático de inspección está programado, además, para introducir los datos del modelo de diseño asistido por ordenador asociado con la pieza de trabajo. Además, para introducir los datos del modelo, el sistema informático de inspección puede estar programado para almacenar un modelo de la pieza de trabajo previamente escaneado.

40 De acuerdo con la invención, el sistema informático de inspección está programado, además, para calcular los datos de distancia de profundidad del modelo para la vista de postura del sistema informático de inspección, en donde los datos de distancia de profundidad del modelo representan una distancia de profundidad del modelo desde la vista de postura del sistema informático de inspección hasta la pieza de trabajo del modelo, determinan si la distancia real de profundidad difiere de la distancia de profundidad del modelo y determinan si la diferencia cumple con los criterios de inspección cuando la distancia real de profundidad difiere de la distancia de profundidad del modelo. La conformidad con el umbral indica que la pieza de trabajo está en condiciones aceptables. Además, la superposición se puede mostrar en tiempo real y casi en tiempo real. Y, además, el sistema informático de inspección puede estar configurado para mostrar una parte de la pieza de trabajo que no está presente en la pieza de trabajo del modelo usando una superposición aplicada a una vista del dispositivo de detección de profundidad.

Breve descripción de los dibujos

50 La Figura 1 es una ilustración esquemática de un sistema de inspección ejemplar.
 La Figura 2 es una ilustración esquemática de un sistema informático de inspección ejemplar que se puede usar con el sistema de inspección mostrado en la Figura 1.
 La Figura 3 es un diagrama de flujo de un método ejemplar que se puede implementar mediante el sistema de inspección mostrado en la Figura 1.

Descripción detallada

La presente divulgación se refiere, en general, a la inspección de piezas de trabajo y, más en particular, a métodos y sistemas que permiten la inspección automatizada de una pieza de trabajo. En una realización, un sistema de inspección incluye un dispositivo de detección de profundidad que mide los datos reales de distancia de profundidad de, al menos, un píxel del dispositivo de detección de profundidad, un sistema de detección de posición y orientación (postura) que determina los datos de postura del dispositivo de detección de profundidad en relación con la pieza de trabajo y un sistema informático de inspección que está acoplado al dispositivo de detección de profundidad y al sistema de detección de postura. Las realizaciones de los métodos y sistemas descritos en el presente documento permiten que el sistema informático (i) introduzca los datos del modelo asociado con la pieza de trabajo, (ii) determine una posición relativa del dispositivo de detección de profundidad en relación con la pieza de trabajo, (iii) calibre una vista de postura para el sistema informático de inspección en relación con el modelo, en función de la posición del dispositivo de detección de profundidad en relación con la pieza de trabajo, (iv) mida los datos reales de distancia de profundidad de, al menos, un píxel del dispositivo de detección de profundidad en relación con la pieza de trabajo, y (v) determine si se ha excedido un umbral predeterminado con respecto a la pieza de trabajo, en función de los datos reales de distancia de profundidad.

Los métodos y sistemas descritos en el presente documento se pueden implementar usando programación informática o técnicas de ingeniería que incluyen *software* informático, *firmware*, *hardware* o cualquier combinación o subconjunto de estos, en donde los efectos técnicos pueden incluir, al menos, uno de: a) cargar datos del modelo para la pieza de trabajo en el sistema informático de inspección; b) determinar los datos de postura de un dispositivo de detección de profundidad en relación con la pieza de trabajo que se está inspeccionando; c) calibrar una vista de postura para el sistema informático de inspección en relación con el modelo y la postura del dispositivo de detección de profundidad en relación con la pieza de trabajo que se está inspeccionando; d) medir los datos reales de distancia de profundidad para, al menos, un píxel, en donde los datos reales de distancia de profundidad representan una distancia real de profundidad entre el dispositivo de detección de profundidad y la pieza de trabajo que se está inspeccionando; e) calcular los datos de distancia de profundidad del modelo para la vista de postura del sistema informático de inspección, en donde los datos de distancia de profundidad del modelo representan una distancia de profundidad del modelo desde la vista de postura del sistema informático de inspección hasta la pieza de trabajo del modelo; f) comparar los datos reales de distancia de profundidad con los datos de distancia de profundidad del modelo; g) determinar si la distancia real de profundidad difiere de la distancia de profundidad del modelo y determinar si la diferencia excede un umbral predeterminado; y h) mostrar una parte de la pieza de trabajo que no está presente en la pieza de trabajo del modelo usando una superposición aplicada en una vista del dispositivo de detección de profundidad.

Tal y como se usa en el presente documento, debe entenderse que un elemento o etapa mencionados en singular y precedidos con la palabra "un" o "una" no excluyen elementos o etapas plurales a menos que dicha exclusión se mencione explícitamente. Asimismo, las referencias a "una realización" y/o a la "realización ejemplar" no pretenden interpretarse como excluyentes de la existencia de realizaciones adicionales que también incorporan las características mencionadas.

La Figura 1 es una ilustración esquemática de un sistema de inspección 100 ejemplar que se puede usar para inspeccionar un conjunto o pieza de trabajo 108. En general, la pieza de trabajo es el producto de un entorno de ingeniería en el que los elementos de la estructura están ensamblados de una forma predefinida, de manera que los elementos constituyentes están posicionados y orientados de una forma predefinida entre sí y con la pieza de trabajo como un todo. El sistema de inspección 100 se puede usar en una amplia variedad de aplicaciones. Por ejemplo, el sistema de inspección 100 se puede usar para inspeccionar conjuntos grandes, tales como aviones, trenes, barcos o cualquier otro conjunto grande que tenga numerosos elementos. De manera alternativa, el sistema de inspección 100 también se puede usar para inspeccionar conjuntos pequeños, tales como herramientas o tubos de gas/fluido y similares.

Tal y como se muestra en la Figura 1, el sistema de inspección 100 incluye un dispositivo de detección de profundidad 102, un sistema de detección de postura 104 y un sistema informático de inspección 106. Tal y como se usa en el presente documento, el término "postura" se define como una posición y una orientación de un objeto en relación con otro. El sistema de inspección 100 se usa para inspeccionar una pieza de trabajo, por ejemplo, la pieza de trabajo 108, tal y como se describe con más detalle a continuación, y el dispositivo de detección de profundidad 102 se comunica con el sistema informático de inspección 106. De manera específica, el dispositivo de detección de profundidad 102 transmite una señal 110 indicativa de una distancia D entre el dispositivo de detección de profundidad 102 y la pieza de trabajo 108 por cada píxel de un campo de visión del dispositivo de detección de profundidad 102. El sistema de detección de postura 104 se comunica con el sistema informático de inspección 106 y transmite una señal 112 indicativa de una postura del dispositivo de detección de profundidad 102 en relación con la pieza de trabajo 108. De manera alternativa o adicional, el dispositivo de detección de profundidad 102 y el sistema de detección de postura 104 pueden incluir un transmisor, un transceptor y/o cualquier otro dispositivo de transmisión de señal que permita que el sistema de inspección 100 funcione como se describe en el presente documento.

El dispositivo de detección de profundidad 102 puede ser cualquier dispositivo o cámara de detección de profundidad adecuados capaces de medir una distancia real entre el dispositivo de detección de profundidad 102 y la pieza de

trabajo 108. En algunas realizaciones, el dispositivo de detección de profundidad 102 es un dispositivo de detección de profundidad de luz láser o 3D. En una realización, el dispositivo de detección de profundidad 102 determina los datos reales de distancia mediante el cálculo del tiempo de desplazamiento bidireccional de un rayo láser transmitido hacia la pieza de trabajo 108 y reflejado desde la pieza de trabajo 108. En otra realización, el dispositivo de detección de profundidad 102 proyecta un patrón de infrarrojos (IR) hacia la pieza de trabajo 108. El dispositivo de detección de profundidad 102 incluye una cámara de infrarrojos (no mostrada) que captura una imagen del patrón IR. Después, los datos de profundidad se determinan mediante la comparación del patrón IR esperado con el patrón IR real visto mediante el dispositivo de detección de profundidad 102. De manera alternativa, para calcular la distancia, el dispositivo de detección de profundidad 102 puede determinar una diferencia de fase del rayo láser. El dispositivo de detección de profundidad 102 determina la distancia en función del tiempo de desplazamiento o la diferencia de fase usando componentes de coordenadas 3D (es decir, puntos en un eje X, Y, Z) en una nube de puntos donde se agrupan varios puntos.

En la realización ejemplar, el dispositivo de detección de profundidad 102 se comunica con el sistema informático de inspección 106 a través de una conexión por cable o a través de transmisiones inalámbricas y transmite los datos reales de distancia de profundidad al sistema informático de inspección 106. En la realización ejemplar, el dispositivo de detección de profundidad 102 incluye un procesador de imágenes que permite generar una imagen de vídeo en tiempo real, o sustancialmente en tiempo real, de cualquier objeto dentro de su campo de visión. En una realización alternativa, el dispositivo de detección de profundidad 102 puede capturar y almacenar imágenes de cualquier objeto dentro de su campo de visión. Durante su uso, en la realización ejemplar, un usuario coloca manualmente el dispositivo de detección de profundidad 102 en una ubicación deseada en relación con la pieza de trabajo 108. Ya que el dispositivo de detección de profundidad 102 genera una imagen de vídeo, el usuario puede mover el dispositivo de detección de profundidad 102 en relación con la pieza de trabajo 108 sin causar errores o imprecisiones en la inspección. En realizaciones alternativas, el dispositivo de detección de profundidad 102 se puede colocar usando dispositivos de control automatizados, o el dispositivo de detección de profundidad 102 puede permanecer estacionario mientras la pieza de trabajo 108 se mueve en relación con el dispositivo de detección de profundidad 102.

En la realización ejemplar, el sistema de detección de postura 104 determina una postura del dispositivo de detección de profundidad 102 en relación con la pieza de trabajo 108. De manera más específica, en la realización ejemplar, el sistema de detección de postura 104 incluye un procesador que permite al sistema de detección de postura 104 determinar la postura del dispositivo de detección de profundidad 102 en tiempo real o casi en tiempo real. El sistema de detección de postura 104 se comunica con el sistema informático de inspección 106 a través de una conexión por cable o a través de transmisiones inalámbricas.

El sistema de detección de postura 104 puede determinar la postura del dispositivo de detección de profundidad 102 usando diferentes métodos. En la realización ejemplar, el sistema de detección de postura 104 es un sistema de captura de movimiento que incluye una pluralidad de cámaras 116 colocadas alrededor de la pieza de trabajo 108. Una pluralidad de pequeños marcadores reflectantes 118 se acopla a cada objeto que se está rastreando (es decir, al dispositivo de detección de profundidad 102 y a la pieza de trabajo 108). Unos marcadores 118 de este tipo facilitan la calibración de la postura del dispositivo de detección de profundidad 102 en relación con la pieza de trabajo 108. Las cámaras 116 emiten una luz de infrarrojos cercana alrededor de la pieza de trabajo 108, que se refleja desde los marcadores 118. En la realización ejemplar, la pieza de trabajo 108 permanece estacionaria durante el proceso de inspección y está calibrada en un origen (0, 0, 0) con respecto al sistema de coordenadas ya que la pieza de trabajo 108 permanece estacionaria durante el proceso de inspección. Cuando múltiples cámaras 116 observan un marcador reflectante 118, el sistema de detección de postura 104 puede determinar, es decir, esencialmente puede triangular, una posición de ese marcador 118 en el espacio 3D. Asimismo, cuando múltiples marcadores 118 están unidos al mismo objeto, el sistema de detección de postura 104 también puede determinar una orientación relativa de ese objeto. Otros sistemas y métodos para determinar la postura del dispositivo de detección de profundidad 102 pueden incluir, pero no están limitados a, rastreo basado en marcadores, rastreo de características naturales planas bidimensionales (2D), rastreo basado en modelos 3D, entrenamiento con sensores de profundidad 3D, rastreo 3D usando un punto iterativo más cercano, dispositivos de rastreo mecánico que conectan físicamente el dispositivo de detección de profundidad 102 a una ubicación de referencia (es decir, el marcador en la pieza de trabajo 108), dispositivos de rastreo magnético que determinan la resistencia y la ubicación de un campo magnético pulsado, dispositivos de rastreo no inerciales sin fuente que usan sensores magnéticos pasivos con referencia al campo magnético de la tierra, dispositivos de rastreo óptico, dispositivos de rastreo acústico y/o cualquier otro dispositivo de rastreo, combinación de dispositivos o método que permitan determinar la postura.

La Figura 2 es una ilustración esquemática de un sistema informático de inspección 106 ejemplar (mostrado en la Figura 1) que se puede usar con el sistema de inspección 100 (mostrado en la Figura 1). En la realización ejemplar, el sistema informático de inspección 106 incluye un dispositivo de memoria 200 y un procesador 202 acoplado al dispositivo de memoria 200 para su uso en la ejecución de instrucciones. De manera más específica, en la realización ejemplar, el sistema informático de inspección 106 se puede configurar para realizar una o más operaciones descritas en el presente documento mediante la programación del dispositivo de memoria 200 y/o del procesador 202. Por ejemplo, el procesador 202 se puede programar codificando una operación como una o más instrucciones que se pueden ejecutar y proporcionando las instrucciones que se pueden ejecutar en el dispositivo de memoria 200.

El procesador 202 puede incluir una o más unidades de procesamiento (p. ej., en una configuración de múltiples núcleos). Tal y como se usa en el presente documento, el término "procesador" no está limitado a los circuitos integrados a los que se hace referencia en la técnica, como un ordenador, sino que, en términos generales, se refiere a un controlador, un microcontrolador, un microordenador, un controlador lógico programable (PLC), un circuito integrado de aplicación específica y otros circuitos programables. En la realización ejemplar, el procesador 202 está configurado para cargar los datos de la pieza de trabajo 120 del modelo (mostrada en la Figura 1) para la pieza de trabajo 108 (mostrada en la Figura 1), recibir datos de postura desde el sistema de detección de postura 104 (mostrado en la Figura 1), calibrar una vista de postura para el sistema informático de inspección 106 en relación con el modelo y la postura del dispositivo de detección de profundidad 102 (mostrado en la Figura 1) en relación con la pieza de trabajo 108, recibir los datos reales de distancia de profundidad desde el dispositivo de detección de profundidad 102, calcular los datos de distancia de profundidad de la pieza de trabajo del modelo 120 para la vista de postura del sistema informático de inspección 106, en donde los datos de distancia de profundidad del modelo representan una distancia de profundidad del modelo desde la vista de postura del sistema informático de inspección 106 hasta la pieza de trabajo de modelo 120 y comparan los datos reales de distancia de profundidad con los datos de distancia de profundidad del modelo.

En la realización ejemplar, el dispositivo de memoria 200 incluye uno o más dispositivos (no mostrados) que permiten que la información, tal como instrucciones que se pueden ejecutar y/u otros datos, sea almacenada y recuperada de manera selectiva. En la realización ejemplar, los datos de este tipo pueden incluir, pero no están limitados a, datos de postura, datos posicionales, datos direccionales, datos de la pieza de trabajo del modelo 120 previamente escaneado, datos del modelo de diseño asistido por ordenador (CAD), datos de GPS, datos de mapas, datos de planos, datos de planta, datos operacionales, datos del umbral de inspección y/o algoritmos de control. De manera alternativa, el sistema informático de inspección 106 se puede configurar para usar cualquier algoritmo y/o método que permita que los métodos y sistemas funcionen tal y como se describe en el presente documento. El dispositivo de memoria 200 también puede incluir uno o más medios legibles por ordenador, tal como, sin limitaciones, una memoria dinámica de acceso aleatorio (DRAM), una memoria estática de acceso aleatorio (SRAM), un disco de estado sólido y/o un disco duro. En la realización ejemplar, el dispositivo de memoria 200 almacena datos relacionados con el proceso de inspección, por ejemplo, datos de la pieza de trabajo del modelo 120 previamente escaneado, datos del modelo CAD de la pieza de trabajo 108 y/o datos del umbral de inspección. Las nubes de puntos detectadas mediante el dispositivo de detección de profundidad 102 también se pueden guardar en el dispositivo de memoria 200 y usarse como documentación de una condición construida o una inspección verificada de la pieza de trabajo 108.

En la realización ejemplar, el sistema informático de inspección 106 incluye una interfaz de presentación 204 que está acoplada al procesador 202 para su uso en presentar la información a un usuario. Por ejemplo, la interfaz de presentación 204 puede incluir un adaptador de pantalla (no mostrado) que se puede acoplar a un dispositivo de pantalla (no mostrado), tal como, sin limitaciones, un tubo de rayos catódicos (TRC), una pantalla de cristal líquido (LCD), una pantalla de diodo emisor de luz (LED), una pantalla LED orgánica (OLED), una pantalla de "tinta electrónica" y/o una impresora. En algunas realizaciones, la interfaz de presentación 204 incluye uno o más dispositivos de visualización. En la realización ejemplar, el procesador 202 está configurado para comparar una distancia D (mostrada en la Figura 1) medida por el dispositivo de detección de profundidad 102 con una distancia D_2 (mostrada en la Figura 1) calculada para la pieza de trabajo del modelo 120 mediante el sistema informático de inspección 106. Si hay una diferencia, el procesador 202 compara la diferencia con los datos del umbral predeterminado almacenado en el dispositivo de memoria 200. En la realización ejemplar, cuando una diferencia de distancias D y D_2 excede el umbral predeterminado, el procesador 202 muestra a un usuario una parte de la pieza de trabajo 108 que no está presente en la pieza de trabajo del modelo 120 usando la interfaz de presentación 204. La superposición se puede mostrar usando diferentes métodos. En una realización, solo se muestra esa parte de la pieza de trabajo 108 que excede el umbral predeterminado. En otra realización, se muestra toda la pieza de trabajo 108 y las partes no conformes de la pieza de trabajo 108 se muestran en un color diferente al resto de la pieza de trabajo 108. De manera alternativa, se puede usar cualquier otro método de visualización que permita la visualización de áreas seleccionadas de una pieza de trabajo determinada para que tenga partes con tolerancias predeterminadas.

El sistema informático de inspección 106, en la realización ejemplar, incluye una interfaz de entrada 206 para recibir información del usuario. Por ejemplo, en la realización ejemplar, la interfaz de entrada 206 recibe información adecuada para su uso con cualquiera de los métodos descritos en el presente documento. La interfaz de entrada 206 está acoplada al procesador 202 y puede incluir, por ejemplo, una palanca de mando, un teclado, un dispositivo señalador, un ratón, un lápiz óptico, un panel sensible al tacto (por ejemplo, un panel o una pantalla táctiles) y/o un detector de posición. Cabe señalar que un solo componente, por ejemplo, una pantalla táctil, puede funcionar tanto como interfaz de presentación 204 y como interfaz de entrada 206.

En la realización ejemplar, el sistema informático de inspección 106 incluye una interfaz de comunicación 208 que está acoplada al procesador 202. En la realización ejemplar, la interfaz de comunicación 208 se comunica con, al menos, un dispositivo remoto, tales como el dispositivo de detección de profundidad 102 y/o el sistema de detección de postura 104. Por ejemplo, la interfaz de comunicación 208 puede usar, sin limitaciones, un adaptador de red con cable, un adaptador de red inalámbrico y/o un adaptador de telecomunicaciones móviles. Una red (no mostrada) usada para acoplar el sistema informático de inspección 106 al dispositivo remoto puede incluir, sin limitaciones, Internet,

una red de área local (LAN), una red de área extensa (WAN), una LAN inalámbrica (WLAN), una red de malla y/o una red privada virtual (VPN) u otro medio de comunicación adecuado.

La Figura 3 es un diagrama de flujo de un método 300 ejemplar que se puede implementar para inspeccionar una pieza de trabajo, tal como la pieza de trabajo 108 (mostrada en la Figura 1) usando un sistema de inspección, tal como el sistema de inspección 100 (mostrado en la Figura 1). Durante la operación, en la realización ejemplar, un usuario opera el sistema de inspección 100 que usa el sistema informático de inspección 106 (mostrado en la Figura 1). La interfaz de entrada 206 (mostrada en la Figura 2) permite al usuario introducir 302 datos de la pieza de trabajo del modelo 120 asociado con la pieza de trabajo 108 en el sistema informático de inspección 106. En una realización, los datos del modelo son datos del modelo CAD 3D que están almacenados en el dispositivo de memoria 200 (mostrado en la Figura 2).

Después de la introducción 302 de los datos del modelo, el sistema informático de inspección 106 transmite 304 una señal 112 (mostrada en la Figura 1) solicitando al sistema de detección de postura 104 (mostrado en la Figura 1) que determine 306 una postura del dispositivo de detección de profundidad 102 (mostrado en la Figura 1) en relación con la pieza de trabajo 108.

Para determinar 306 la postura del dispositivo de detección de profundidad 102, en la realización ejemplar, el usuario define 308 un sistema de coordenadas 3D originadas en una posición de la pieza de trabajo 108. El sistema de detección de postura 104 determina 306 una postura del dispositivo de detección de profundidad 102 en relación con la pieza de trabajo 108 usando una pluralidad de cámaras de detección de posición, tales como las cámaras 116 (mostradas en la Figura 1). El sistema de detección de postura 104 transmite 310 los datos de postura de vuelta al sistema informático de inspección 106 como señal 112.

Usando los datos de postura del dispositivo de detección de profundidad 102 y los datos del modelo para la pieza de trabajo 108 almacenados en el dispositivo de memoria 200, el sistema informático de inspección 106 genera 312 una vista de postura para el sistema informático de inspección 106 en relación con la pieza de trabajo del modelo. El sistema informático de inspección 106 calibra 314 la vista de postura de la pieza de trabajo del modelo 120 y la postura del dispositivo de detección de profundidad 102, permitiendo que se muestre la vista de postura de la pieza de trabajo del modelo 120 mediante el sistema informático de inspección 106, de modo que permanezca en sincronía con una vista del dispositivo de detección de profundidad 102 en relación con la pieza de trabajo 108 a medida que el dispositivo de detección de profundidad 102 se reposiciona alrededor de la pieza de trabajo 108.

El usuario coloca 316 el dispositivo de detección de profundidad 102 para la inspección de una parte deseada de la pieza de trabajo 108. En la realización ejemplar, el usuario coloca 316 manualmente el dispositivo de detección de profundidad 102. En realizaciones alternativas, el dispositivo de detección de profundidad 102 se puede colocar 316 mediante un sistema de posicionamiento automatizado o puede permanecer estacionario mientras la pieza de trabajo 108 se mueve para la inspección.

Después de la calibración 314 y del posicionamiento 316, el dispositivo de detección de profundidad 102 mide 318 los datos de distancia de profundidad para determinar una distancia real de profundidad entre el dispositivo de detección de profundidad 102 y la pieza de trabajo 108 por cada píxel del dispositivo de detección de profundidad 102. En una realización, el usuario puede mover o barrer continuamente el dispositivo de detección de profundidad 102 alrededor de la pieza de trabajo 108 para capturar una pluralidad de distancias reales de profundidad y permitir comparaciones con una pluralidad de distancias de profundidad del modelo asociado para identificar partes no equivalentes que puedan representar errores del conjunto y/o daños en la pieza de trabajo 108. El dispositivo de detección de profundidad 102 transmite 324 los datos reales de distancia de profundidad como una señal 110 (mostrada en la Figura 1) al sistema informático de inspección 106.

Después, el sistema informático de inspección 106 calcula 326 los datos de distancia de profundidad de la pieza de trabajo del modelo 120 que representan una distancia de profundidad del modelo entre la vista de postura generada 312 mediante el sistema informático de inspección 106 y la pieza de trabajo del modelo 120. El sistema informático de inspección 106 compara 328 los datos reales de distancia de profundidad con los datos de distancia de profundidad del modelo para determinar 330 si la distancia real de profundidad difiere de la distancia de profundidad del modelo. Si la distancia real de profundidad difiere de la distancia de profundidad del modelo, el sistema informático de inspección 106 determina 332 si la diferencia excede los umbrales predeterminados. La conformidad con los umbrales es una indicación de que la pieza de trabajo 108 está en condiciones aceptables. Si se exceden los umbrales, el sistema informático de inspección 106 genera 334 una alerta o evento para indicar un posible error del conjunto, la existencia de restos de objetos extraños y/o daños en la pieza de trabajo 108. Asimismo, el sistema informático de inspección 106 muestra 336 una parte de la pieza de trabajo 108 que no está presente en la pieza de trabajo del modelo 120 usando una superposición aplicada a una vista del dispositivo de detección de profundidad 102.

Las realizaciones descritas en el presente documento se refieren, en general, a la inspección de piezas de trabajo y, más en particular, a métodos y sistemas para una inspección automatizada de una pieza de trabajo. Las realizaciones

5 descritas en el presente documento coordinan sistemas y métodos precisos y fiables para la inspección de la pieza de trabajo. De manera más específica, las realizaciones descritas en el presente documento proporcionan un método automatizado que facilita la reducción del componente de errores humanos durante la inspección de la pieza de trabajo. Un dispositivo de detección de profundidad mide una distancia por cada píxel de su campo de visión y transmite los datos de distancia a un sistema informático de inspección. Un sistema de detección de postura rastrea la posición y orientación del dispositivo de detección de profundidad con respecto a la pieza de trabajo y transmite el posicionamiento al sistema informático de inspección. Usando un modelo de la pieza de trabajo almacenada en el sistema informático de inspección, el sistema genera una vista modelo de la pieza de trabajo del modelo, en donde la vista modelo rastrea la vista real observada mediante el dispositivo de detección de profundidad en tiempo real o casi en tiempo real. Entonces, el sistema informático de inspección compara la distancia real vista mediante el dispositivo de detección de profundidad con la distancia del modelo calculada en el sistema informático de inspección y crea una alerta si la diferencia en las distancias excede un umbral predeterminado. El sistema informático de inspección también puede generar una visualización para ilustrar al usuario qué sección de la pieza de trabajo causó la alerta. Los errores humanos se reducen sustancialmente mediante las realizaciones descritas en el presente documento. Asimismo, el sistema de inspección permite la medición de piezas de trabajo grandes y pequeñas, así como de una pieza de trabajo con accesibilidad física limitada. Las realizaciones descritas en el presente documento también facilitan la reducción de los tiempos de inspección de las inspecciones manuales costosas.

20 Las realizaciones ejemplares de métodos y sistemas para sistemas de inspección de piezas de trabajo se han descrito anteriormente en detalle. Los métodos y sistemas no se limitan a las realizaciones específicas descritas en el presente documento, sino que, en su lugar, los componentes de los sistemas y/o etapas del método se pueden utilizar de manera independiente y por separado de otros componentes y/o etapas descritos en el presente documento. Cada etapa del método y cada componente también se pueden usar en combinación con otras etapas y/o componentes del método. Aunque las características específicas de varias realizaciones se pueden mostrar en algunos dibujos y no en otros, esto es solo por conveniencia. Cualquier característica de un dibujo se puede usar como referencia y/o reivindicar en combinación con cualquier característica de cualquier otro dibujo.

25 Esta descripción escrita usa ejemplos para divulgar las realizaciones, incluido el mejor modo, y también para permitir que cualquier experto en la materia practique las realizaciones, incluida la fabricación y uso de cualquier dispositivo o sistema y la realización de cualquier método incorporado. El alcance patentable de la divulgación está definido mediante las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método para inspeccionar una pieza de trabajo (108), comprendiendo dicho método:

la introducción de datos del modelo asociado con la pieza de trabajo en un sistema de inspección (100);
 la determinación de una posición relativa de un dispositivo de detección de profundidad (102) en relación con la
 5 pieza de trabajo;
 la calibración de una vista de postura para el sistema de inspección en relación con el modelo (120) en función de
 la posición del dispositivo de detección de profundidad en relación con la pieza de trabajo;
 la medición de datos reales de distancia de profundidad de, al menos, un píxel del dispositivo de detección de
 10 profundidad en relación con la pieza de trabajo; y
 la determinación de si la pieza de trabajo cumple con los criterios de inspección predeterminados, en función de
 los datos reales de distancia de profundidad; y en donde la determinación de si la pieza de trabajo cumple con los
 criterios de inspección predeterminados, en función de los datos reales de distancia de profundidad comprende,
 además:

15 calcular los datos de distancia de profundidad del modelo para la vista de postura del sistema de inspección,
 en donde los datos de distancia de profundidad del modelo representan una distancia de profundidad del
 modelo desde la vista de postura del sistema de inspección hasta la pieza de trabajo del modelo;
 determinando si la distancia real de profundidad difiere de la distancia de profundidad del modelo y
 determinando si la diferencia cumple con los criterios de inspección cuando la distancia real de profundidad
 20 difiere de la distancia de profundidad del modelo, en donde la conformidad con el umbral indica que la pieza de
 trabajo está en una condición aceptable.

2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además, mostrar una parte de la pieza de trabajo
 que no está presente en la pieza de trabajo del modelo usando una superposición aplicada a una vista de la pieza de
 trabajo.

3. Un método de acuerdo con la reivindicación 2, en donde la superposición está configurada para ilustrar una
 25 presencia de, al menos, uno de los restos de objetos extraños, un componente faltante, un error del conjunto y un
 componente dañado.

4. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la introducción de datos del modelo comprende la
 introducción de datos del modelo de diseño asistido por ordenador asociado con la pieza de trabajo.

5. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la introducción de los datos del modelo comprende la
 30 introducción de un modelo de la pieza de trabajo previamente escaneado.

6. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la determinación de la posición relativa del dispositivo de
 detección de profundidad comprende:

35 definir un sistema de coordenadas originadas en una posición designada de la pieza de trabajo y
 determinar una ubicación del dispositivo de detección de profundidad en relación con la pieza de trabajo usando
 una pluralidad de cámaras de detección de posición.

7. Un método de acuerdo con la reivindicación 6, que comprende, además, la transmisión de la ubicación del
 dispositivo de detección de profundidad al sistema de inspección.

8. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la medición de la distancia real de profundidad incluye
 40 mover el dispositivo de detección de profundidad alrededor de la pieza de trabajo para capturar una pluralidad de
 distancias reales de profundidad, comprendiendo dicho método, además:
 comparar la pluralidad de distancias reales de profundidad con una pluralidad de distancias de profundidad del modelo
 asociado para identificar partes no equivalentes.

9. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la medición de los datos reales de distancia de profundidad
 comprende, además, la creación de una nube de puntos tridimensional.

45 10. Un sistema para inspeccionar una pieza de trabajo (108), comprendiendo dicho sistema:

un dispositivo de detección de profundidad (102) configurado para medir datos reales de distancia de profundidad
 de, al menos, un píxel del dispositivo de detección de profundidad en relación con la pieza de trabajo;
 un sistema de detección de postura (104) configurado para determinar una posición relativa del dispositivo de
 50 detección de profundidad en relación con la pieza de trabajo; y un sistema informático de inspección en
 comunicación con el dispositivo de detección de profundidad y el sistema de detección de postura, estando

programado el sistema informático de inspección para:

- 5 introducir datos del modelo asociado con la pieza de trabajo;
calibrar una vista de postura para el sistema informático de inspección en relación con el modelo (120) en
función de la posición del dispositivo de detección de profundidad en relación con la pieza de trabajo; y
determinar si la pieza de trabajo cumple con los criterios de inspección predeterminados, en función de los
datos reales de distancia de profundidad; y

en donde el sistema informático de inspección está programado, además, para:

- 10 calcular los datos de distancia de profundidad del modelo para la vista de postura del sistema informático de
inspección, en donde los datos de distancia de profundidad del modelo representan una distancia de
profundidad del modelo desde la vista de postura del sistema informático de inspección hasta la pieza de trabajo
del modelo;
determinar si la distancia real de profundidad difiere de la distancia de profundidad del modelo y
determinar si la diferencia cumple con los criterios de inspección cuando la distancia real de profundidad difiere
de la distancia de profundidad del modelo, en donde la conformidad con el umbral indica que la pieza de trabajo
15 está en una condición aceptable.

11. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 10, en donde el sistema informático de inspección está configurado
para mostrar una parte de la pieza de trabajo que no está presente en la pieza de trabajo del modelo usando una
superposición aplicada en una vista del dispositivo de detección de profundidad.

- 20 12. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 10, en donde, para introducir datos del modelo, el sistema informático
de inspección está programado, además, para introducir un modelo de la pieza de trabajo previamente escaneado.

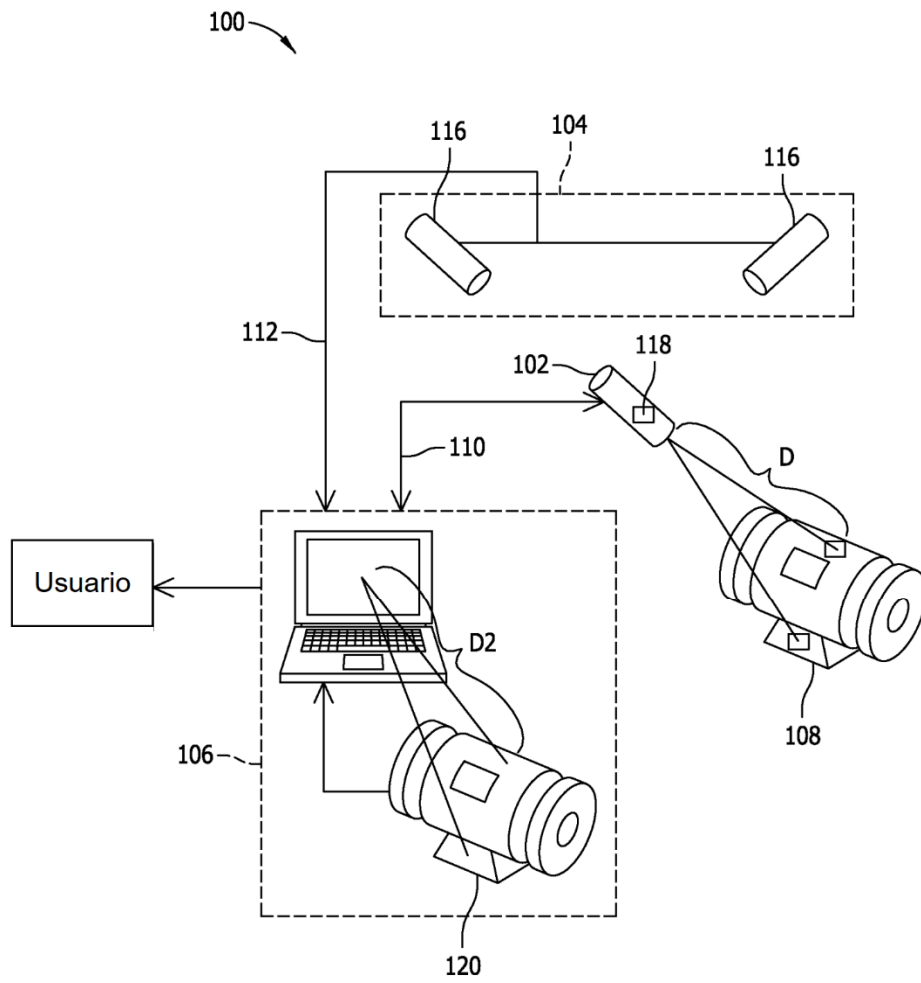


FIG. 1

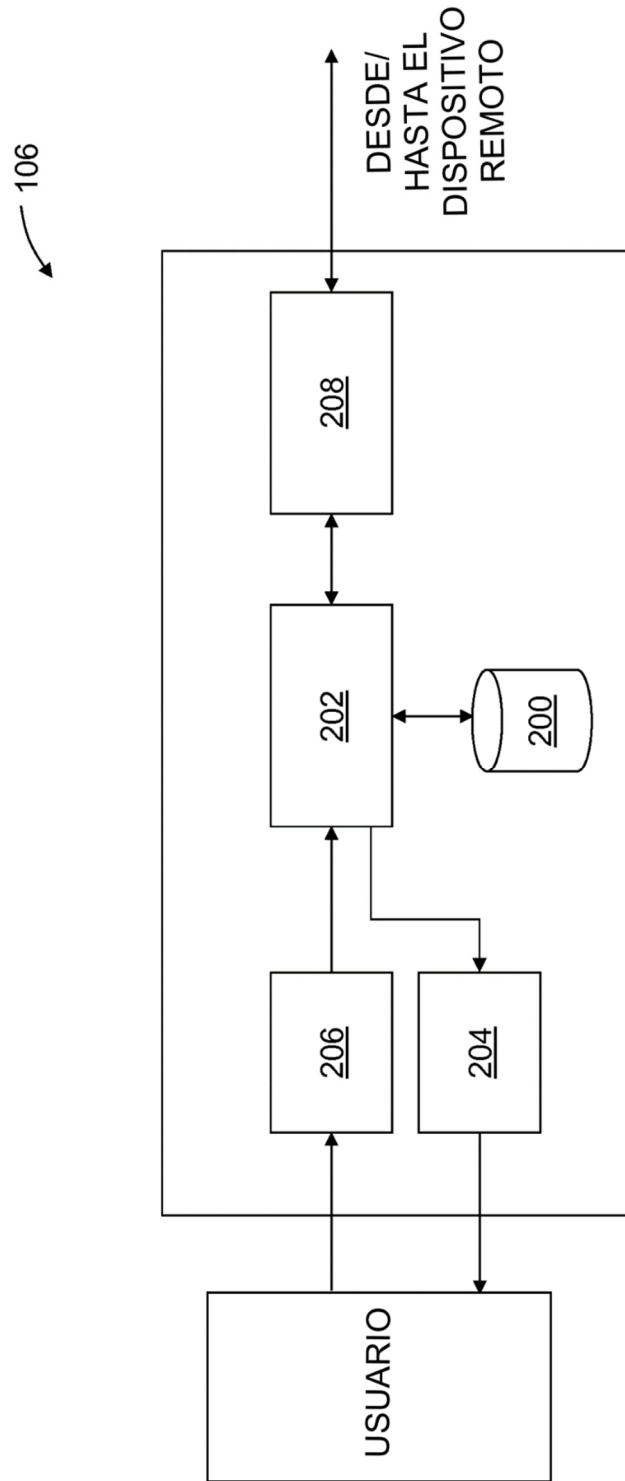


FIG. 2

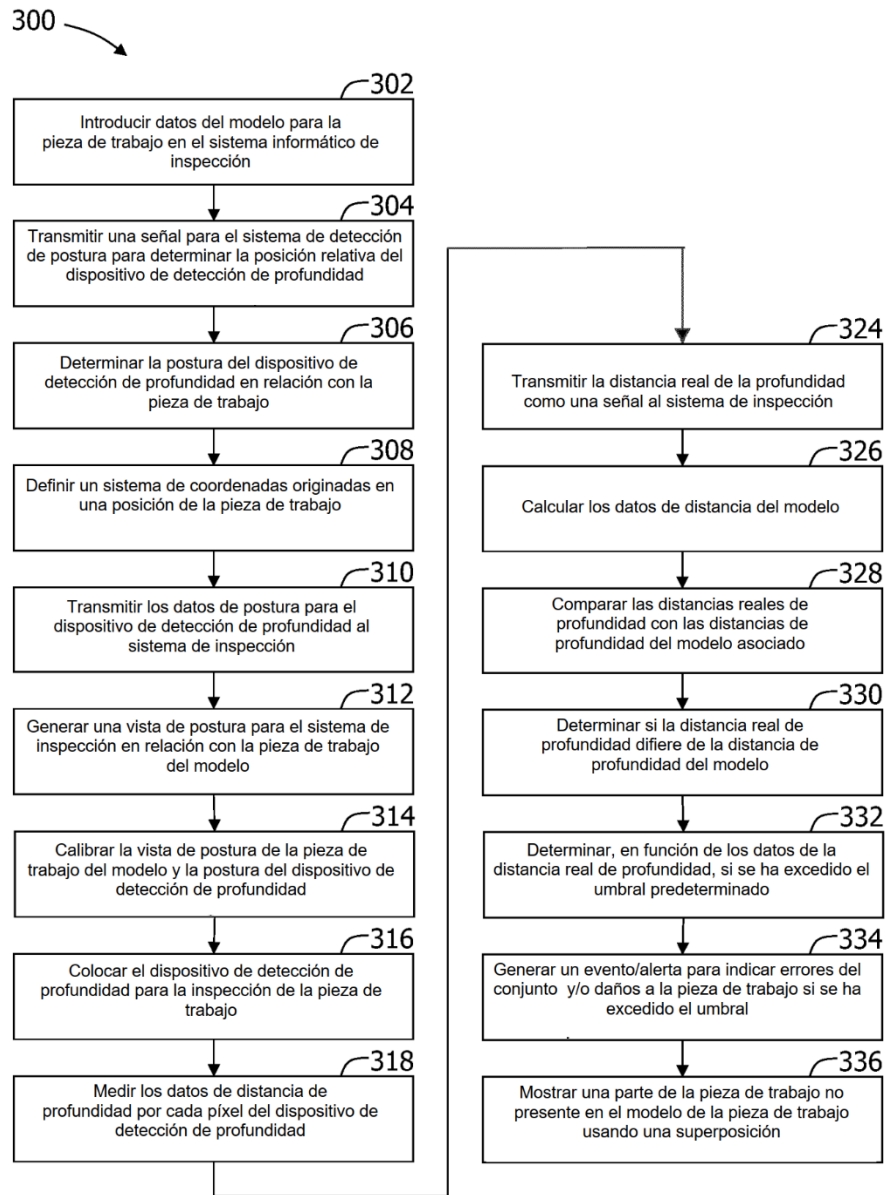


FIG. 3