

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 830 769**

51 Int. Cl.:

G01C 11/06 (2006.01)
G01B 11/00 (2006.01)
G06T 7/586 (2007.01)
G01B 11/27 (2006.01)
G06T 7/00 (2007.01)
G06T 7/70 (2007.01)
G06T 7/507 (2007.01)
G06T 7/11 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2017** E 17178722 (9)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.08.2020** EP 3296690

54 Título: **Identificación fotogramétrica de orientaciones de agujeros para realizar un trabajo**

30 Prioridad:

14.09.2016 US 201615264784

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

04.06.2021

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HUFFINGTON, JAY R.;
REED, PAUL W.;
SALT, KEVIN L. y
JOBES, BRYAN K.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 830 769 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

Identificación fotogramétrica de orientaciones de agujeros para realizar un trabajo

Campo

5 La divulgación se refiere al campo de la fotogrametría y, en particular, al uso de la fotogrametría para identificar localizaciones en las que realizar un trabajo en una pieza.

Antecedentes

10 Los paneles de carenado de aeronaves mejoran el perfil aerodinámico de una aeronave, mientras que al mismo tiempo protege los componentes subyacentes de la aeronave (por ejemplo, soportes, largueros, marcos en forma de aro, etc.) de la exposición directa a los elementos. Por ejemplo, los paneles de carenado pueden cubrir una intersección del lado del cuerpo que une un ala de una aeronave con el cuerpo de la aeronave.

15 Ya que las intersecciones entre los componentes estructurales de la aeronave (por ejemplo, las alas, el fuselaje, la cola) varía cada uno según la aeronave, sigue siendo imposible predecir con precisión y exactitud (por ejemplo, hasta la décima de centímetro) la localización en la que se colocarán los puntos de montaje en la intersección para un panel de carenado. Por lo tanto, los técnicos se ven forzados a insertar localizadores de agujeros en cada punto de montaje en una intersección, pegar los localizadores de agujeros en su lugar para evitar que se caigan, colocar el carenado en la región de instalación deseada y martillar cada localizador de agujeros en el carenado para marcar una localización específica para perforar a través del carenado. Si el carenado se mueve o cambia durante este proceso, algunos agujeros perforados a través del carenado se colocarán en la localización incorrecta y no se alinearán correctamente con los puntos de montaje subyacentes. Por lo tanto, el proceso de montaje de un carenado es manualmente intensivo y requiere mucho tiempo.

20

Por al menos estas razones, los fabricantes de aeronaves continúan deseando técnicas mejoradas para reducir la cantidad de tiempo y esfuerzo humano involucrados en la instalación de un carenado.

25 El documento JP 07181011 A de acuerdo con su resumen establece un método para reconocer el agujero a través de un sensor visual. En un trabajo montado sobre una mesa de trabajo se realiza un agujero con contorno. Cuando la imagen del mismo se capta por medio de una cámara CCD, el trabajo se ilumina desde diferentes direcciones iluminando las fuentes de luz secuencialmente, recogiendo de este modo la imagen dos veces. A continuación, se normaliza la intensidad de cada señal de imagen y se selecciona el valor de señal de imagen más bajo para cada píxel, formando de este modo una imagen donde se recogen y enfatizan las partes sombreadas. En general, las imágenes son de agujeros de objetivo que se captan secuencialmente bajo una pluralidad de iluminación en condiciones geométricas para sombrear las diferentes posiciones adquiriendo de este modo la señal de imagen bajo cada condición geométrica de iluminación. A continuación, se selecciona una señal de imagen representativa del brillo mínimo para cada píxel y se reconoce el agujero basándose en las señales de imagen seleccionadas.

30

35 El documento US 2010/0092068 A1 de acuerdo con su resumen establece un dispositivo para determinar la posición y/o la dimensión transversal de un taladro en una lente de presentación para gafas sin montura. El dispositivo incluye un elemento de soporte para la lente, un elemento para adquirir una imagen global del taladro de la lente en una dirección de iluminación, o dirección de adquisición de imagen, un elemento para procesar la imagen cuando la lente se transporta por el elemento portador. El elemento de procesamiento diseñado para determinar, a partir de la imagen global del taladro la posición del centro de la abertura del taladro que se proporciona a una de las fases de la lente y/o la dimensión transversal de la abertura del taladro que corresponde a la dimensión transversal deseada.

40

Sumario

45 Las realizaciones descritas en el presente documento usan técnicas fotogramétricas para identificar la localización y la orientación de cada receptáculo de montaje (por ejemplo, punto de montaje, agujero de montaje, etc.) para un carenado de aeronave. Utilizando esta información, las localizaciones para realizar el trabajo en un carenado (por ejemplo, mediante la perforación de agujeros alineados con los puntos de montaje) pueden determinarse automáticamente sin procesos manuales intensivos de mano de obra.

50 Una realización es un método que incluye adquirir imágenes de un agujero en un primer objeto desde múltiples ángulos de iluminación, procesar las imágenes para identificar las sombras proyectadas por una pared del agujero en cada uno de los ángulos de iluminación, y analizar las sombras para determinar una orientación de un eje central del agujero en un sistema de coordenadas del primer objeto. El método también incluye, en un segundo objeto, seleccionar una localización para perforar que se alineará con el eje central del agujero del primer objeto y perforar el segundo objeto en la localización.

Una realización a modo de ejemplo adicional es un método que incluye adquirir fotografías de soportes de montaje en una región de instalación para un carenado de una aeronave, orientar las fotografías en un espacio de coordenadas de la aeronave, basándose en los objetivos de fotogrametría representados en las fotografías, y analizar las fotografías para determinar las líneas centrales de los receptáculos de montaje en los soportes de montaje. El método también incluye seleccionar localizaciones en el carenado basándose en una línea central de un receptáculo de montaje correspondiente, y generar un programa de control numérico (NC) que dirija a un robot para realizar un trabajo en cada una de las localizaciones en el carenado.

Una realización a modo de ejemplo adicional es un medio legible por ordenador no transitorio que incorpora instrucciones programadas que, cuando se ejecutan por un procesador, pueden operarse para realizar un método. El método incluye adquirir fotografías de soportes de montaje en una región de instalación para un carenado de una aeronave, orientar las fotografías en un espacio de coordenadas de la aeronave, basándose en los objetivos de fotogrametría representados en las fotografías, analizar las fotografías para determinar las líneas centrales de los receptáculos de montaje en los soportes de montaje, seleccionar localizaciones en el carenado basándose en una línea central de un receptáculo de montaje correspondiente, y generar un programa de control numérico (NC) que dirija a un robot para realizar un trabajo en cada una de las localizaciones en el carenado. Una realización a modo de ejemplo adicional es un sistema que incluye una cámara que adquiere fotografías de soportes de montaje en una región de instalación para un carenado de una aeronave. El sistema incluye además un controlador de diseño que orienta las fotografías en un espacio de coordenadas de la aeronave basado en los objetivos de fotogrametría representados en las fotografías, analiza las fotografías para determinar las líneas centrales de los receptáculos de montaje en los soportes de montaje, selecciona las localizaciones en el carenado basándose en una línea central de un receptáculo de montaje correspondiente y genera un programa de control numérico (NC) que dirige un robot para que realice un trabajo en cada una de las localizaciones en el carenado.

Otras realizaciones a modo de ejemplo (por ejemplo, métodos y medios legibles por ordenador relacionados con las realizaciones anteriores) pueden describirse a continuación. Las características, funciones y ventajas que se han analizado pueden lograrse de manera independiente en diversas realizaciones o pueden combinarse en otras realizaciones adicionales más, cuyos detalles adicionales pueden verse haciendo referencia a la siguiente descripción y dibujos.

Descripción de los dibujos

A continuación, se describen algunas realizaciones de la presente divulgación, por medio solamente de ejemplos y haciendo referencia a los dibujos adjuntos. El mismo número de referencia representa el mismo elemento o el mismo tipo de elemento en todos los dibujos.

- La figura 1 es una vista en perspectiva de una aeronave en una realización a modo de ejemplo.
- La figura 2 es una vista de una región de instalación para un carenado de una aeronave en una realización a modo de ejemplo.
- La figura 3 es una vista delantera de un receptáculo de montaje para un carenado en una realización a modo de ejemplo.
- La figura 4 es una vista en sección del receptáculo de montaje de la figura 3 en una realización a modo de ejemplo.
- La figura 5 es una vista en sección de un carenado unido a un soporte de montaje a través de unos receptáculos de montaje en una realización a modo de ejemplo.
- La figura 6 es una vista lateral de una región de instalación de un carenado en una realización a modo de ejemplo.
- Las figuras 7-8 ilustran unas sombras proyectadas por un receptáculo de montaje en respuesta a cambios en la dirección de la luz.
- La figura 9 ilustra un dispositivo de medición fotogramétrico para analizar una región de instalación para un carenado en una realización a modo de ejemplo.
- La figura 10 es un diagrama de bloques de un sistema para instalar un carenado en una realización a modo de ejemplo.
- Las figuras 11-12 son diagramas de flujo que ilustran métodos para detectar automáticamente localizaciones para realizar un trabajo en un carenado en una realización a modo de ejemplo.
- La figura 13 es un diagrama de flujo de la metodología de producción y servicio de aeronaves en una realización a modo de ejemplo.
- La figura 14 es un diagrama de bloques de una aeronave en una realización a modo de ejemplo.

Descripción

Las figuras y la siguiente descripción ilustran unas realizaciones a modo de ejemplo específicas de la divulgación. Por lo tanto, se apreciará que los expertos en la materia podrán idear diversas disposiciones que, aunque no se describen o muestran explícitamente en el presente documento, incorporan los principios de la divulgación y se incluyen dentro del alcance de la divulgación. Adicionalmente, cualquier ejemplo descrito en el presente documento está destinado a ayudar a comprender los principios de la divulgación, y debe interpretarse sin limitación a dichos ejemplos y condiciones específicamente enumerados. Como resultado, la divulgación no se limita a las realizaciones o ejemplos

específicos que se describen a continuación, sino por las afirmaciones y sus equivalentes.

Las figuras 1-2 ilustran la estructura de una aeronave a modo de ejemplo que utiliza un carenado 150 para cubrir una intersección entre componentes estructurales. Concretamente, la figura 1 ilustra la aeronave 100, que incluye una nariz 110, unas alas 120, un fuselaje 130 y una cola 140. El carenado 150 está instalado en la región de instalación 200, donde se unen el ala 120 y el fuselaje 130. La región de instalación 200 también puede denominarse como un lado de la intersección del cuerpo. Como se usa en el presente documento, cualquier región en la que pueda instalarse un carenado se denomina "región de instalación", y las regiones de instalación pueden encontrarse en numerosas localizaciones a lo largo de la aeronave 100 (por ejemplo, en una intersección entre la cola 140 y el fuselaje 130). La figura 1 también ilustra una dirección descendente (Z) para la aeronave 100.

La figura 2 es una vista en perspectiva ampliada de la región de instalación 200 para el carenado 150 en una realización a modo de ejemplo, ilustrado por las flechas de vista 2 de la figura 1. En la figura 2, el carenado 150 se ha eliminado para ilustrar los componentes estructurales subyacentes que están cubiertos por el carenado 150. Como se muestra en la figura 2, la región de instalación 200 incluye la estructura de soporte de carenado 230. La región de instalación 200 incluye además los soportes de montaje 210, que sirven para retener/sostener el carenado 150 en el fuselaje 130 y/o el ala 120. Los soportes 210 también incluyen cada uno de los mismos una cara 214 y un respaldo 212. Cada cara 214 incluye los receptáculos de montaje 220. La cubierta removible 240 se coloca sobre una parte del ala 120 y evita daños en el ala 120 al tiempo que también proporciona una superficie antideslizante sobre la que trabajar.

La figura 3 es una vista delantera de un receptáculo de montaje 220 (por ejemplo, un agujero) para el carenado 150 en una realización a modo de ejemplo. Concretamente, la figura 3 se corresponde con las flechas de vista 3 de la figura 2. En esta realización, el receptáculo de montaje 220 es una parte de la cara 214. Detrás del receptáculo de montaje 220 está la placa de tuerca 260, que se localiza entre la cara 214 y el soporte 210 (mostrado en la figura 2). En otras realizaciones donde no existe la placa de tuerca 260, el receptáculo de montaje 220 puede incluir una rosca para recibir un elemento de sujeción. También, aunque en esta realización es la placa de tuerca 260 la que incluye un agujero roscado 262 definido por las paredes 264 para sujetar un elemento de sujeción, en las realizaciones adicionales, el receptáculo de montaje 220 puede comprender un agujero roscado dimensionado para sujetar un perno u otro elemento de sujeción que una el carenado 150 al soporte de montaje 210.

La figura 4 es una vista en sección del receptáculo de montaje de la figura 3 en una realización a modo de ejemplo. Concretamente, la figura 4 se ilustra mediante las flechas de vista 4 de la figura 3. En esta realización, la placa de tuerca 260 es una placa de tuerca flotante que incluye la base 265, que está sujeta fuertemente (por ejemplo, remachada, soldada, empernada, atornillada, pegada, etc.) al soporte de montaje 210 (por ejemplo, mediante un elemento de sujeción 410). La base 265 incluye unas bridas 267, que mantienen el elemento flotante 269 en su lugar mientras permiten un intervalo de movimiento dentro y fuera de la página a lo largo del eje X. Adicionalmente, el collar 268 permite que el elemento flotante 269 flote verticalmente (por ejemplo, a lo largo del eje Z) dentro del receptáculo 220 de la cara 214. En las realizaciones adicionales, la placa de tuerca 260 puede ser una placa de tuerca fija, o puede prescindirse por completo.

Como se muestra en la figura 4, el carenado 150 incluye un agujero 152, que está alineado con (por ejemplo, tiene el mismo eje central/largo 266 que) el receptáculo de montaje 220. El carenado 150 se ha perforado para incluir el agujero 152 (por ejemplo, un agujero avellanado y perforado) para recibir un elemento de sujeción (por ejemplo, un perno, remache, etc.) que une el carenado 150 al soporte de montaje 210 a través del receptáculo de montaje 220 y la placa de tuerca 260. En una realización adicional en la que no se usa una placa de tuerca 260, el receptáculo 220 puede incluir una rosca u otras características para acoplarse con un elemento de sujeción. La figura 4 ilustra además que el receptáculo de montaje 220 está definido por las paredes 218 de la cara 214.

La figura 5 es una vista en sección de un carenado 150 unido a un soporte de montaje 210 a través de los receptáculos de montaje 220 en una realización a modo de ejemplo. Concretamente, la figura 5 se corresponde con las flechas de vista 5 de la figura 2. Como se muestra en la figura 5, los ejes largos/ejes centrales 500 para los receptáculos 220 (y/o agujeros 262) pasan a través del carenado 150 en diversos ángulos diferentes. El ángulo en el que cada eje central 500 pasa por el carenado 150 y la localización precisa a través de la que cada eje central 500 pasa por el carenado 150, se desconoce antes de que el carenado 150 cubra la cara 214.

Con el fin de determinar de manera predictiva las localizaciones en las que realizar el trabajo en el carenado 150 (por ejemplo, perforando a través del carenado 150 para crear agujeros 152 que estén alineados con/tengan los ejes centrales colineales con los ejes centrales 500), la figura 6 ilustra un dispositivo 630 de medición fotogramétrico. La figura 6 es una vista lateral indicada por las flechas de vistas 6 de la figura 1. La figura 6 ilustra que los objetivos fotogramétricos 610 pueden colocarse en la región 200 con el fin de permitir que los datos fotográficos se coloquen en el espacio de coordenadas de la aeronave 100. El dispositivo 630 adquiere fotografías de la región de instalación 200 (por ejemplo, de tal manera que cada fotografía incluya uno o más objetivos fotogramétricos). El dispositivo 630 incluye un árbol 634, en el que se montan la cámara 632 y la fuente de luz 636. Por lo tanto, cuando el operario 620 utiliza el dispositivo 630, el operario 620 controla una orientación/ángulo de la fuente de luz 636 con respecto a la cámara 632. Al adquirir varias fotografías y "unir" digitalmente las fotografías entre sí en una nube de puntos de datos

en el espacio de coordenadas de la aeronave 100, puede comprenderse una comprensión completa de la geometría de la región de instalación 200 (que incluye los soportes de montaje 210 y cualquier receptáculo 220 de la misma). Adicionalmente, cuando las fotografías se adquieren desde múltiples ángulos de iluminación, también puede determinarse la orientación de cada agujero 262. Por lo tanto, las técnicas fotogramétricas descritas en el presente documento mejoran la versatilidad cuando se intenta cuantificar la naturaleza de la región de instalación 200 y/o los soportes de montaje 210. En particular, estas técnicas mejoran la capacidad de discernir con precisión los puntos centrales de los agujeros para paneles/carenados que tienen una variedad de contornos complejos.

Las figuras 7-8 ilustran unas sombras para un receptáculo de montaje 220 en respuesta a cambios en la dirección de la luz. Es decir, la figura 7 ilustra una sombra 720 proyectada por la pared 264 cuando una fuente de luz 636 transmite luz 710 desde la derecha del agujero 262, así como una sombra 730 proyectada por la pared 218 sobre la placa de tuerca 260. Mientras tanto, la figura 8 ilustra una sombra 820 proyectada por la pared 264 cuando la fuente de luz 636 transmite luz 810 desde la izquierda del agujero 262, así como una sombra 830 proyectada por la pared 218 sobre la placa de tuerca 260. Al tomar imágenes de las sombras 730 y 830 mientras la fuente de luz 636 está orientada en una variedad de ángulos, puede lograrse una comprensión de la localización y orientación precisas del punto central de cada receptáculo 220.

La figura 9 ilustra detalles adicionales del dispositivo de medición fotogramétrico 630 en una realización a modo de ejemplo. Como se muestra en la figura 9, el dispositivo 630 incluye unos láseres 920 y 930, que transmiten los haces 922 y 932, respectivamente. Los haces 922 y 932 se cruzan en el punto 940. Esta disposición permite colocar el dispositivo 630 a una distancia apropiada (D) del punto 940 con el fin de adquirir una fotografía/imagen.

Se describen detalles adicionales de los diversos componentes implicados en la instalación del carenado 150 con respecto a la figura 10. La figura 10 es un diagrama de bloques de un sistema para instalar un carenado 150 en una realización a modo de ejemplo. Como se muestra en la figura 10, la región de instalación 1090 está próxima al ala 1042 y al fuselaje 1040, y está protegida por la cubierta 1076. Uno o más soportes 1050 se encuentran dentro de la región de instalación 1090, incluido el respaldo 1052 y la cara 1060. De una forma similar, se ilustran las placas de tuerca 1054 (incluidos la pared 1055 y el agujero 1057). La figura 10 representa además la cara 1060 (que tiene el receptáculo 1062 definido por la pared 1064) y el carenado 1072 (que tiene un agujero 1074 que se ha perforado por el robot 1000). La localización en la que colocar el agujero 1074 en el carenado 1072 se determina basándose en la entrada del dispositivo de medición fotogramétrico 1090, que incluye la barra 1094, los láseres 1095, la cámara 1092 y la fuente de luz 1096. Las fotografías 1085 de la cámara 1092 se almacenan en la memoria 1084 del controlador de diseño 1080 a través de la interfaz (I/F) 1086. La I/F 1086 puede comprender un cable Ethernet, un cable de bus serie universal (USB), la interfaz de protocolo inalámbrico IEEE 802.11, etc. El procesador 1082 del controlador de diseño 1080 diseña el programa de NC 1025 basándose en un análisis de las fotografías 1085, y el programa de NC 1025 dirige las operaciones del robot 1000. Puede implementarse el controlador de diseño 1080, por ejemplo, como una circuitería personalizada, como un procesador que ejecuta instrucciones programadas, o alguna combinación de los mismos. Por ejemplo, en una realización, el controlador de diseño 1080 se implementa como un ordenador que ejecuta un programa para crear programas de NC.

El robot 1000 de la figura 10 realiza operaciones de perforación de acuerdo con el programa de NC 1025 con el fin de realizar el trabajo en el carenado 1072 (por ejemplo, para perforar uno o más agujeros 1074 en el carenado 1072). En esta realización, el robot 1000 incluye un controlador de robot 1020, que dirige las operaciones del robot 1000 mientras el robot 1000 realiza su trabajo. El controlador de robot 1020 incluye la memoria 1024 (que almacena el programa de NC 1024), el procesador 1022 y la I/F 1026. Puede implementarse el controlador de robot 1020, por ejemplo, como una circuitería personalizada, como un procesador que ejecuta instrucciones programadas, o alguna combinación de los mismos. El robot 1000 incluye además la cadena cinemática 1010, que incluye uno o más cuerpos rígidos 1012 que se reposicionan por los accionadores 1014 con el fin de ajustar una orientación (por ejemplo, la dirección de orientación) y/o una posición del efector de extremo 1030. El efector de extremo 1030 comprende una herramienta capaz de realizar una operación/trabajo (por ejemplo, trabajo constructivo, tal como taladrar, una instalación de elemento de sujeción, etc.) sobre el carenado 1072 que modifica el carenado 1072, o capaz de inspeccionar el carenado 1072 en detalle en respuesta a las instrucciones del programa de NC 1025.

Se analizarán unos detalles ilustrativos de la operación de los diversos componentes de la figura 10 con respecto a la figura 11. Se asume, para la presente realización, que el carenado 150 aún no se ha instalado en la región 200, y que aún no se ha realizado un trabajo (por ejemplo, una perforación) en el carenado 150. Por lo tanto, aún no se conocen las localizaciones precisas en las que realizar el trabajo sobre el carenado 150. Se asume además, que los objetivos de fotogrametría 610 se han colocado en la región de instalación 200 para el carenado 150. Esto puede incluir colocar un objetivo de fotogrametría 610 a una distancia y/o dirección de desplazamiento predeterminada desde cada soporte 210 y/o receptáculo 220, y puede comprender además colocar objetivos de fotogrametría 610 en localizaciones predeterminadas a lo largo del fuselaje 130 y/o del ala 120. Colocar los objetivos 610 como puntos de referencia de esta manera, garantiza que las fotografías que representan los objetivos 610 puedan colocarse/localizarse en un espacio de coordenadas conocido para la aeronave 100. Los objetivos 610 pueden comprender retrorreflectores (por ejemplo, cinta retrorreflectante), objetivos altamente reflectantes, objetivos de colores únicos, etc., y pueden tener una forma y tamaño conocidos (por ejemplo, un círculo que tiene 1 centímetro de diámetro).

La figura 11 es un diagrama de flujo que ilustra un método para detectar automáticamente localizaciones para realizar un trabajo en un carenado en una realización a modo de ejemplo. Las etapas del método 1100 se describen haciendo referencia a los sistemas ilustrados en las figuras 1-10, pero los expertos en la materia apreciarán que el método 1100 puede realizarse en otros sistemas. Las etapas de los diagramas de flujo descritos en el presente documento no son todas inclusivas y pueden incluir otras etapas que no se muestran. Las etapas descritas en el presente documento también pueden realizarse en un orden alternativo.

Después de que se hayan colocado los objetivos 610, el dispositivo de medición fotogramétrico 630 adquiere fotografías de los soportes de montaje 210 en la región de instalación 200 a través de la cámara 632 (etapa 1102). Cada fotografía representa uno o más objetivos 610 (por ejemplo, suficientes objetivos 610 para realizar un análisis fotogramétrico de la fotografía). Adicionalmente, las fotografías se toman desde una variedad de ángulos de iluminación (por ejemplo, tomando diversos conjuntos de fotografías, cada conjunto desde un ángulo de iluminación diferente). Al adquirir múltiples conjuntos de fotografías que corresponden cada una con un ángulo de iluminación diferente, las sombras proyectadas por la pared 218 del receptáculo 220 pueden analizarse para determinar la posición y orientación exactas de cada receptáculo 220.

Después de que se hayan adquirido las fotografías 1085 en la memoria 1084 a través de la interfaz (I/F 1086), el controlador de diseño 1080 orienta las fotografías en un espacio de coordenadas de la aeronave 100, basándose en los objetivos de fotogrametría representados en las fotografías (etapa 1104). Esto puede realizarse, por ejemplo, analizando la forma, orientación y/o tamaño de cada objetivo 610 dentro de una fotografía, con el fin de colocar/orientar/localizar datos de imagen de la fotografía en un espacio de coordenadas para la aeronave 100. Los objetivos fotogramétricos se colocan en posiciones conocidas en el sistema de coordenadas de la aeronave 100. Por lo tanto, el controlador de diseño 1080 puede interpretar la localización desde la que se ha tomado la fotografía. En una realización adicional, los objetivos 610 pueden incluir barras de escala (por ejemplo, a lo largo de cada uno de los múltiples ejes) con el fin de facilitar la localización de los datos de imagen fotográfica en el espacio de coordenadas de la aeronave 100. Los datos de imagen (por ejemplo, píxeles) dentro de cada fotografía pueden transformarse además en una nube de puntos 3D mediante técnicas fotogramétricas.

El procesador 1084 del controlador de diseño 1080 analiza las fotografías para determinar una línea central (por ejemplo, un eje central 500, correspondiente con un punto y orientación central) de cada receptáculo 220 (etapa 1106). Esto puede comprender identificar cada receptáculo 220 basándose en un desplazamiento de un objetivo 610 y analizar las sombras proyectadas desde el receptáculo 220 en una variedad de ángulos de iluminación (por ejemplo, dos o más ángulos de iluminación) con el fin de identificar la línea central del receptáculo 220. En una realización, esta técnica implica analizar sombras en cada uno de los receptáculos de montaje en múltiples ángulos de iluminación. Por ejemplo, analizar las sombras para un receptáculo 220 puede incluir identificar una localización esperada (por ejemplo, una localización nominal) del receptáculo de montaje 220 en una fotografía (por ejemplo, como se indica por/un desplazamiento de un objetivo 610), buscar fuera de la localización esperada usando una matriz de píxeles en escala de grises y una segmentación para identificar áreas de alto contraste en las fotografías que representan el receptáculo de montaje 220 y determinar un punto central del receptáculo 220 basándose en las áreas de alto contraste. Por ejemplo, ya que el receptáculo 220 tiene un tamaño conocido, el controlador 1080 puede buscar un área de alto contraste similar en diámetro a un diámetro conocido del receptáculo de montaje 220. Esto reduce las posibilidades de confundir el agujero 262 con el receptáculo de montaje 220, ya que los tamaños de estos elementos difieren. En otro ejemplo, el controlador 1080 puede definir un área de búsqueda que se centra en la localización esperada del receptáculo de montaje 220, y es más grande que el receptáculo de montaje 220. A continuación, el controlador 1080 puede buscar en el exterior del área de búsqueda, continuar reduciendo la búsqueda hasta encontrar un área de alto contraste (por ejemplo, un área sustancialmente contigua donde los píxeles vecinos varían en brillo uno de otro en al menos un treinta por ciento). Esto también reduce los cambios del agujero erróneo 262 para el receptáculo de montaje 220, debido a que una búsqueda que comienza en los límites exteriores del área de búsqueda encontrará el receptáculo de montaje 220 antes de encontrar el agujero 262. Si se detecta que un receptáculo 220 está en una localización u orientación fuera de tolerancia, el controlador de diseño 1080 puede informar de esa condición a un usuario a través de la I/F 1086, o mediante cualquier otra interfaz adecuada (por ejemplo, con el fin de actualizar una pantalla).

Conociendo la línea central de cada receptáculo 220, el controlador 1080 procede a seleccionar localizaciones en el carenado 150 para realizar el trabajo en el carenado 150 (etapa 1108). Cada localización se elige (y/o se orienta) basándose en la línea central de un receptáculo 220 correspondiente. Adicionalmente, este proceso puede implicar identificar cómo se instalará el carenado 1072 en la región 200 de la aeronave 100, y convertir el espacio de coordenadas de la aeronave 100 en un espacio de coordenadas del carenado 1072 y/o del robot 1000. De esta manera, cada localización seleccionada para realizar el trabajo en el carenado 150 se alinea con un receptáculo 220.

El controlador de diseño 1080 genera un programa de control numérico (NC) que dirige el robot 1000 para que realice un trabajo en cada una de las localizaciones seleccionadas en el carenado 1072 (etapa 1110). Por ejemplo, el controlador 1080 puede determinar una localización deseada del carenado 150 sobre un receptáculo 220, y puede determinar una orientación y posición de un agujero 152 que se perforará en el carenado 150 para alinearlo con el receptáculo 220. El controlador 1080 puede generar además instrucciones para operar los accionadores 1014 del

robot 1000 en la cadena cinemática 1010, con el fin de recolocar el efector de extremo 1030 para realizar el trabajo (por ejemplo, una perforación) correspondiente a cada receptáculo 220. El controlador de robot 1020 procede además a operar el robot 1000 (por ejemplo, dirigiendo los accionadores 1014 y/o el efector de extremo 1030) de acuerdo con el programa de NC 1025, basándose en los puntos y orientaciones centrales de los receptáculos de montaje 220 (etapa 1112).

El uso del método 1100 proporciona un beneficio sustancial al proporcionar técnicas para identificar automáticamente dónde realizar el trabajo y/o cómo orientar el trabajo realizado en un carenado para una aeronave. Estas técnicas utilizan de manera beneficiosa la fotogrametría con el fin de programar un robot para que realice el trabajo deseado. Ya que es probable que las regiones de instalación de los carenados varíen de una aeronave a otra, dicho proceso automatizado mejora la velocidad y la eficacia de las tareas relacionadas con la identificación de localizaciones de trabajo y también la realización del trabajo en las localizaciones determinadas.

La figura 12 ilustra un método 1200 adicional para realizar un trabajo sobre un objeto. De acuerdo con la figura 12, las imágenes/fotografías de un agujero (por ejemplo, un receptáculo 220) en un primer objeto (por ejemplo, soporte de montaje 210) se adquieren por el controlador 1080 a través de la cámara 632, desde múltiples ángulos de iluminación, de un agujero (etapa 1202). El controlador 1080 procesa adicionalmente las imágenes para identificar sombras (por ejemplo, 830, 730) proyectadas por una pared 218 del agujero (por ejemplo, un receptáculo 220) (etapa 1204). Las sombras pueden identificarse identificando un objetivo fotogramétrico 610 en una imagen, definiendo un área de búsqueda (por ejemplo, un área de búsqueda de desplazamiento) basándose en el objetivo fotogramétrico 610, y buscando los píxeles vecinos en el área de búsqueda que presenten diferencias de contraste de al menos un treinta por ciento. El controlador 1080 analiza adicionalmente las sombras para determinar la orientación de un eje central (por ejemplo, un eje largo 500) del agujero, en un sistema de coordenadas del primer objeto (etapa 1206). La orientación y el punto central de la pared 218 pueden identificarse basándose en las localizaciones de las sombras en diversos ángulos de iluminación, y esto puede permitir determinar la orientación del eje central. Es decir, el controlador 1080 puede identificar una localización de la cámara 632 para cada fotografía, así como una localización de la fuente de luz 636 en cada fotografía, basándose en la disposición de uno o más objetivos fotogramétricos en cada imagen. Ya que se conoce la altura de la pared 218, la longitud de las sombras proyectadas por la pared 218 desde diversos ángulos indican la orientación de la pared 218. Adicionalmente, la localización de la pared 218 puede determinarse basándose en las sombras (por ejemplo, los bordes de las sombras). Ya que la pared 218 es normal al agujero (por ejemplo, un receptáculo 220), la orientación del eje central puede determinarse basándose en la localización de la pared 218. Adicionalmente, ya que las sombras se proyectan desde múltiples localizaciones en la pared 218, el punto central del agujero puede determinarse basándose en la localización de la pared 218 como se indica por las sombras.

El controlador 1080 selecciona además, en un segundo objeto, una localización para perforar que estará alineada con el eje central del agujero del primer objeto (etapa 1208). El segundo objeto (por ejemplo, un carenado 150) se emparejará al primer objeto a través del agujero. La localización puede seleccionarse trasladando el eje central del agujero a un sistema de coordenadas del segundo objeto. La localización puede indicarse en un programa de NC, que a continuación dirige el controlador de robot 1020 a medida que el robot 1000 perfora el segundo objeto (etapa 1210).

Ejemplos

En los siguientes ejemplos, se describen procesos, sistemas y métodos adicionales en el contexto de la instalación de carenados para aeronaves. Refiriéndose más específicamente a los dibujos, las realizaciones de la divulgación pueden describirse en el contexto de un método de fabricación y mantenimiento de aeronaves 1300 como se muestra en la figura 13 y una aeronave 1302 como se muestra en la figura 14. Durante la preproducción, el método a modo de ejemplo 1300 puede incluir la especificación y el diseño 1304 de la aeronave 1302 y el aprovisionamiento de materiales 1306. Durante la producción, tiene lugar la fabricación de componentes y subconjuntos 1308 y la integración de sistemas 1310 de la aeronave 1302. Posteriormente, la aeronave 1302 puede pasar a través de certificación y entrega 1312 con el fin de ponerse en servicio 1314. Mientras está en servicio por un cliente, se planifica la aeronave 1302 para su mantenimiento y servicio rutinario 1316 (que también puede incluir modificación, reconfiguración, modernización y otros similares). Los aparatos y métodos incorporados en el presente documento pueden emplearse durante una o más etapas adecuadas del método de producción y servicio 1300 (por ejemplo, especificación y diseño 1304, aprovisionamiento de material 1306, fabricación de componentes y subconjuntos 1308, integración de sistemas 1310, certificación y entrega 1312, servicio 1314, mantenimiento y servicio 1316) y/o cualquier componente adecuado de la aeronave 1302 (por ejemplo, fuselaje 1318, sistemas 1320, interior 1322, propulsión 1324, eléctrico 1326, hidráulico 1328, ambiental 1330).

Cada uno de los procesos del método 1300 puede realizarse o llevarse a cabo por un integrador de sistemas, un tercero y/o un operador (por ejemplo, un cliente). Para los fines de la presente descripción, un integrador de sistemas puede incluir sin limitación cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir sin limitación cualquier número de vendedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una aerolínea, compañía de alquiler, entidad militar, organización de servicio y otros similares.

5 Como se muestra en la figura 14, la aeronave 1302 producida mediante el método a modo de ejemplo 1300 puede incluir un fuselaje 1318 con una pluralidad de sistemas 1320 y un interior 1322. Ejemplos de sistemas de alto nivel 1320 incluyen uno o más de entre un sistema de propulsión 1324, un sistema eléctrico 1326, un sistema hidráulico 1328 y un sistema ambiental 1330. Puede incluirse cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aerospacial, los principios de la presente divulgación pueden aplicarse a otras industrias, tal como la industria automotriz.

10 Como ya se ha mencionado anteriormente, los aparatos y métodos realizados en el presente documento pueden emplearse durante una cualquiera o más de las etapas del método de producción y servicio 1300. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos correspondientes a etapas de producción 1308 pueden fabricarse o manufacturarse de una forma similar a los componentes o subconjuntos producidos mientras la aeronave 1302 está en servicio. También, una o más realizaciones de aparatos, realizaciones de métodos o una combinación de las mismas pueden utilizarse durante las etapas de producción 1308 y 1310, por ejemplo, acelerando sustancialmente el montaje o reduciendo el coste de una aeronave 1302. De manera similar, una o más de las realizaciones de aparatos, realizaciones de métodos, o una combinación de las mismas pueden utilizarse mientras la aeronave 1302 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, para el mantenimiento y servicio 1316. Por ejemplo, las técnicas y sistemas descritos en el presente documento pueden usarse para las etapas 1306, 1308, 1310, 1314 y/o 1316, y/o pueden usarse para el fuselaje 1318 y/o el interior 1322. Estas técnicas y sistemas pueden incluso utilizarse para los sistemas 1320, incluyendo, por ejemplo, propulsión 1324, eléctrico 1326, hidráulico 1328 y/o ambiental 1330.

20 En una realización, el carenado 150 comprende una parte del fuselaje 118 y se fabrica durante la fabricación 1308 de componentes y subconjuntos. El carenado 150 se instala en la integración de sistema 1310, y a continuación se utiliza en el servicio 1314 hasta que el desgaste inutiliza el carenado 150. A continuación, en el mantenimiento y servicio 1316, el carenado 150 puede descartarse y reemplazarse por una pieza recién fabricada. Las técnicas descritas en el presente documento para analizar una región de instalación para el carenado 150, y realizar trabajos en el carenado 150, pueden realizarse cada vez que se instala un carenado 150. Adicionalmente, las técnicas descritas en el presente documento pueden usarse para combinar cualquier entorno adecuado de coincidencia de agujeros estructurales, incluso, por ejemplo, en el fuselaje 1318, el interior 1322, y/o la propulsión 1324.

30 Cualquiera de los diversos elementos de control (por ejemplo, componentes eléctricos o electrónicos) mostrados en las figuras o descritos en el presente documento pueden implementarse como hardware, un procesador que implementa software, un procesador que implementa firmware, o alguna combinación de los mismos. Por ejemplo, un elemento puede implementarse como hardware dedicado. Los elementos de hardware dedicado pueden denominarse "procesadores", "controladores", o alguna terminología similar. Cuando se proporcionan por un procesador, las funciones pueden proporcionarse por un único procesador especializado, por un único procesador compartido, o por una pluralidad de procesadores individuales, algunos de los cuales pueden compartirse. Además, el uso explícito del término "procesador" o "controlador" no debería interpretarse como que hace referencia exclusivamente a hardware capaz de ejecutar software, y puede incluir, implícitamente, sin limitación, hardware de procesador de señales digitales (DSP), un procesador de red, un circuito integrado de aplicación específica (ASIC) u otra circuitería, una matriz de puertas programables en campo (FPGA), una memoria de solo lectura (ROM) para almacenar software, una memoria de acceso aleatorio (RAM), un almacenamiento no volátil, una lógica o algún otro componente o módulo de hardware físico.

40 También, puede implementarse un elemento de control como instrucciones ejecutables por un procesador o un ordenador para realizar las funciones del elemento. Algunos ejemplos de instrucciones son software, código de programa y firmware. Las instrucciones son operativas cuando las ejecuta el procesador para indicarle que realice las funciones del elemento. Las instrucciones pueden almacenarse en dispositivos de almacenamiento que el procesador puede leer. Algunos ejemplos de dispositivos de almacenamiento son memorias digitales o de estado sólido, un medio de almacenamiento magnético tal como discos magnéticos y cintas magnéticas, discos duros, o medios de almacenamiento de datos digitales legibles ópticamente.

REIVINDICACIONES

1. Un método que comprende:

5 adquirir imágenes de un agujero en un primer objeto desde múltiples ángulos de iluminación (1202); y procesar las imágenes para identificar las sombras proyectadas por una pared del agujero en cada uno de los ángulos de iluminación (1204);

caracterizado por

analizar las sombras para determinar una orientación de un eje central del agujero en un sistema de coordenadas del primer objeto (1206);

10 en un segundo objeto, seleccionar una localización para perforar que se alineará con el eje central del agujero del primer objeto (1208); y perforar el segundo objeto en la localización (1210).

2. El método de la reivindicación 1, que comprende además:
identificar las sombras mediante:

15 la identificación de un objetivo fotogramétrico (610) en una imagen;

la definición de un área de búsqueda basándose en el objetivo fotogramétrico; y

la búsqueda de píxeles vecinos en el área de búsqueda que presenten diferencias de contraste de al menos un treinta por ciento.

3. El método de la reivindicación 1 o 2, en el que:

20 analizar las sombras comprende identificar una localización de la pared (264) basándose en las sombras (730) y determinar la orientación del eje central (500) basándose en la localización de la pared.

4. El método de la reivindicación 1, 2 o 3, en el que:

la localización se selecciona trasladando el eje central del agujero a un sistema de coordenadas del segundo objeto.

5. Un medio legible por ordenador no transitorio que incorpora instrucciones programadas que, cuando se ejecutan por un procesador, pueden operarse para realizar un método que comprende:

25 adquirir fotografías de soportes de montaje en una región de instalación para un carenado de una aeronave (1102); orientar las fotografías en un espacio de coordenadas de la aeronave, basándose en los objetivos de fotogrametría representados en las fotografías (1104);

analizar las fotografías para determinar las líneas centrales de los receptáculos de montaje en los soportes de montaje (1106);

30 seleccionar localizaciones en el carenado basándose en una línea central de un receptáculo de montaje correspondiente (1108); y

generar un programa de control numérico (NC) que dirija a un robot para realizar un trabajo en cada una de las localizaciones en el carenado (1110).

6. El medio de la reivindicación 5 en el que:

35 adquirir las fotografías comprende fotografiar los receptáculos de montaje (220) en múltiples ángulos de iluminación; y

analizar las fotografías comprende analizar las sombras (730) en cada uno de los receptáculos de montaje en cada uno de los ángulos de iluminación.

7. El medio de la reivindicación 5 o 6, en el que el método comprende además:

40 analizar las sombras en un receptáculo de montaje (220) comprende:

identificar una localización esperada del receptáculo de montaje en una fotografía;

buscar fuera de la localización esperada para identificar áreas de alto contraste en las fotografías; y

determinar un punto central del receptáculo de montaje basándose en las áreas de alto contraste.

8. El medio de la reivindicación 5, 6 o 7 en el que:

45 la región de instalación (1090) comprende una intersección entre un fuselaje de la aeronave y un cuerpo de la aeronave.

9. El medio de cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8 en el que:

los receptáculos de montaje comprenden agujeros en los soportes de montaje (210).

10. El medio de cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, en el que:
el programa de NC (1025) incluye instrucciones para colocar y operar un efector de extremo (1030) del robot.

5 11. El medio de cualquiera de las reivindicaciones 5 a 10, en el que:
localizar las fotografías comprende determinar la orientación de una cámara (1092) que ha adquirido cada fotografía, basándose en las localizaciones, tamaños y formas de los objetivos fotogramétricos (610) representados en la fotografía.

12. El medio de cualquiera de las reivindicaciones 5 a 12, en el que:
se opera el robot (100) para realizar un trabajo en el carenado (150) de acuerdo con el programa de NC (1025).

13. Un sistema que comprende:

10 una cámara (1092) que adquiere fotografías de soportes de montaje (210) en una región de instalación (1090) para un carenado (150) de una aeronave (100); y un controlador de diseño (1080) que orienta las fotografías en un espacio de coordenadas de la aeronave basándose en los objetivos de fotogrametría representados en las fotografías, analiza las fotografías para determinar las líneas centrales (500) de los receptáculos de montaje (220)
15 en los soportes de montaje, selecciona las localizaciones en el carenado basándose en una línea central de un receptáculo de montaje correspondiente, y genera un programa de control numérico (NC) (1025) que dirige un robot (1000) para que realice un trabajo en cada una de las localizaciones en el carenado.

14. El sistema de la reivindicación 13, en el que:
la cámara adquiere las fotografías fotografiando los receptáculos de montaje en múltiples ángulos de iluminación, y el controlador de diseño analiza las fotografías analizando las sombras (730) en los receptáculos de montaje en cada
20 uno de los ángulos de iluminación.

15. El sistema de la reivindicación 13 o 14, en el que:
el controlador de diseño analiza las sombras en un receptáculo de montaje fuera de la localización esperada para identificar las áreas de alto contraste en las fotografías, y determina un punto central del receptáculo de montaje basándose en las áreas de alto contraste.

25

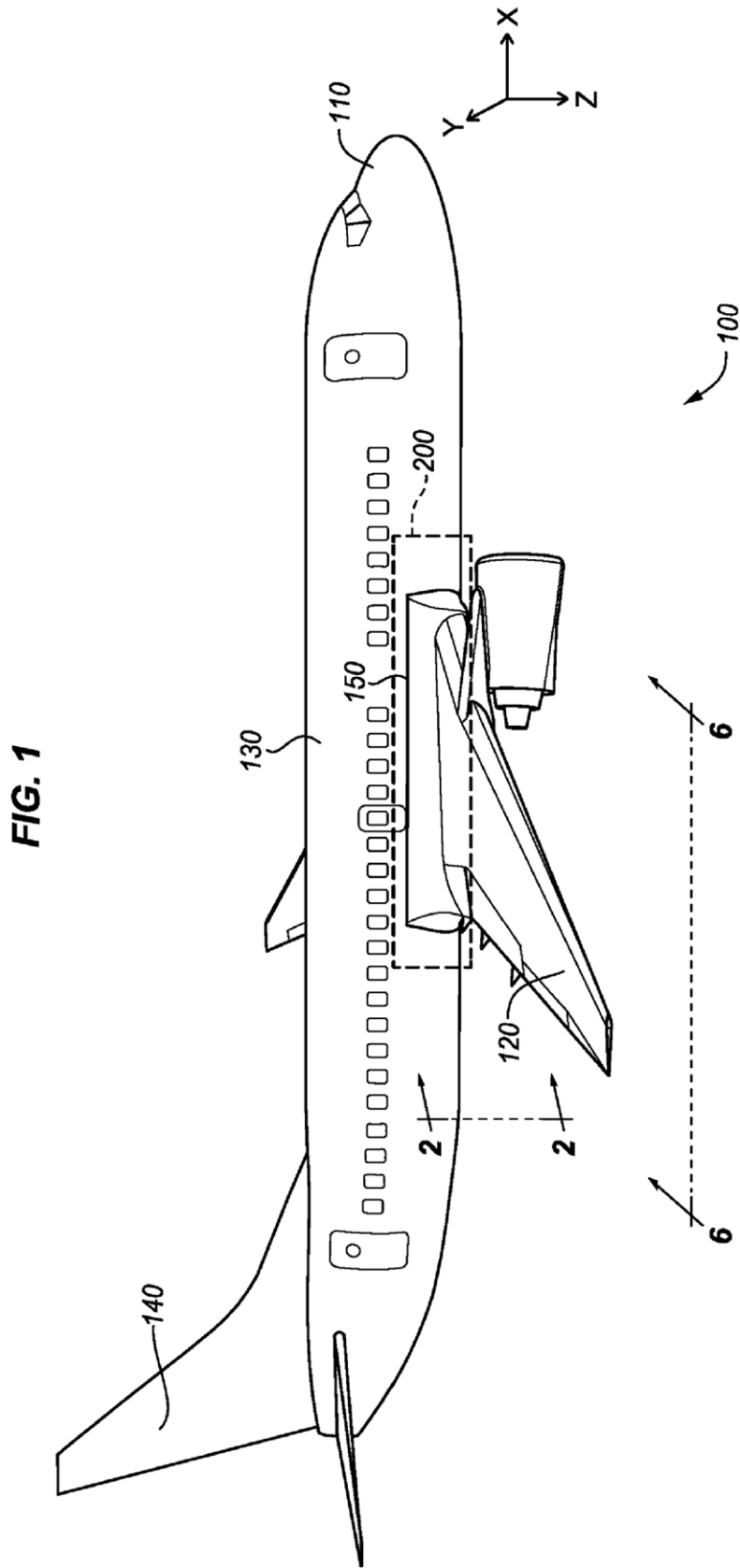


FIG. 2

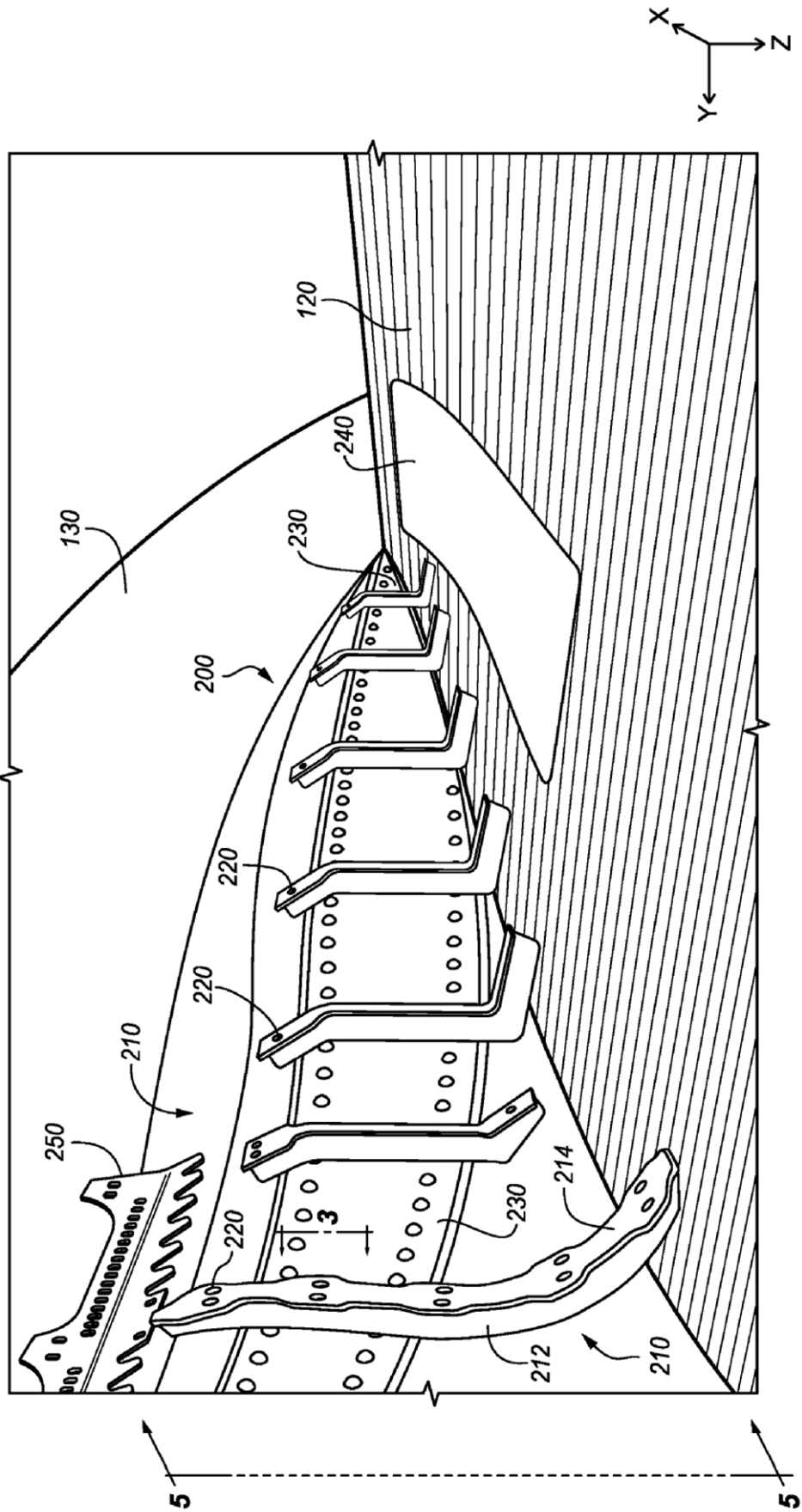


FIG. 3

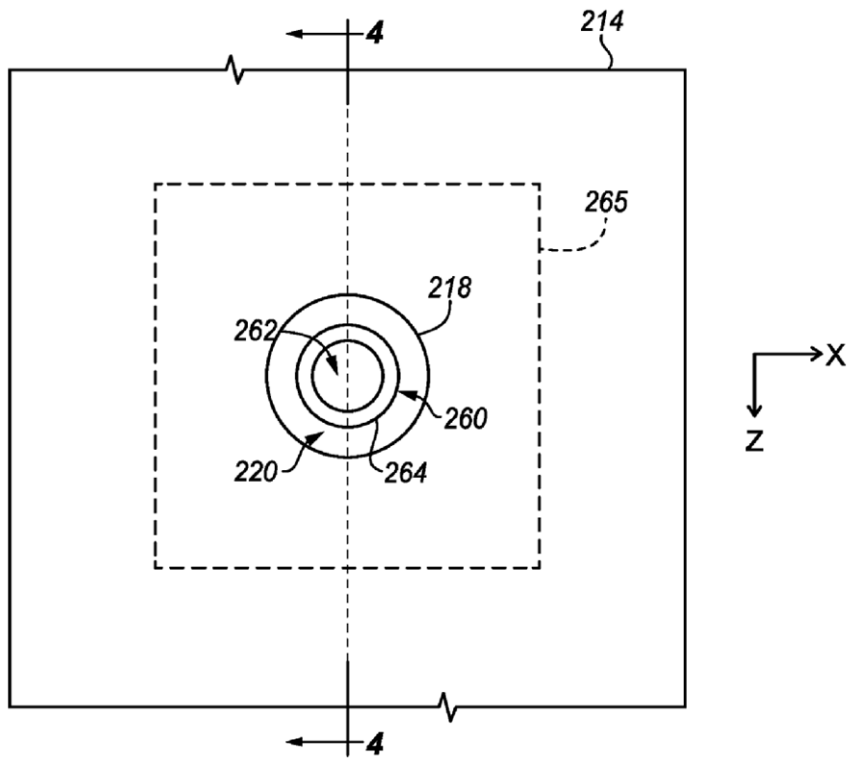


FIG. 4

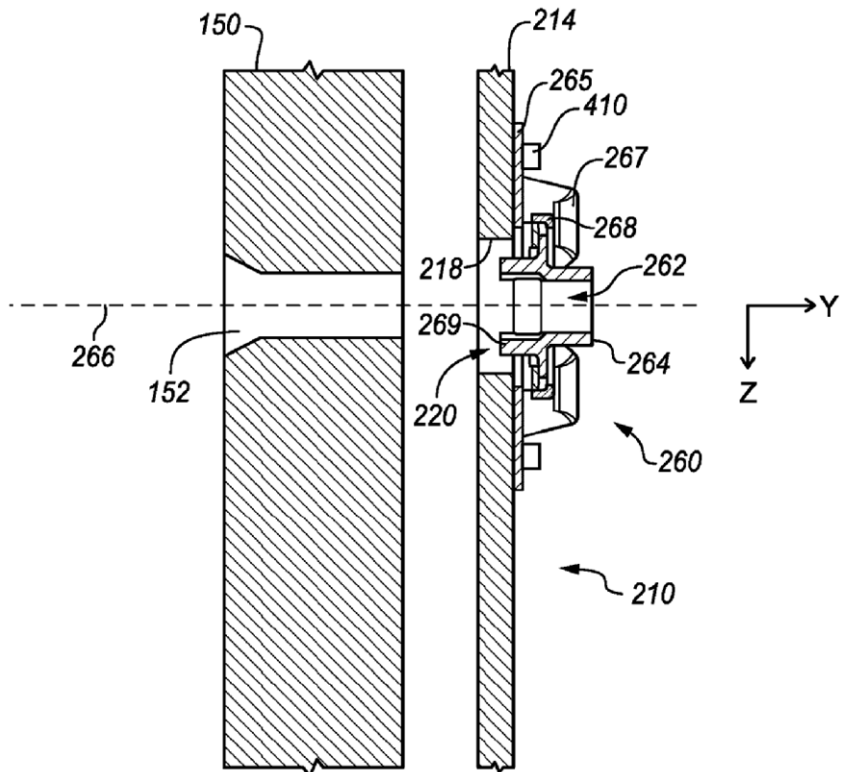


FIG. 5

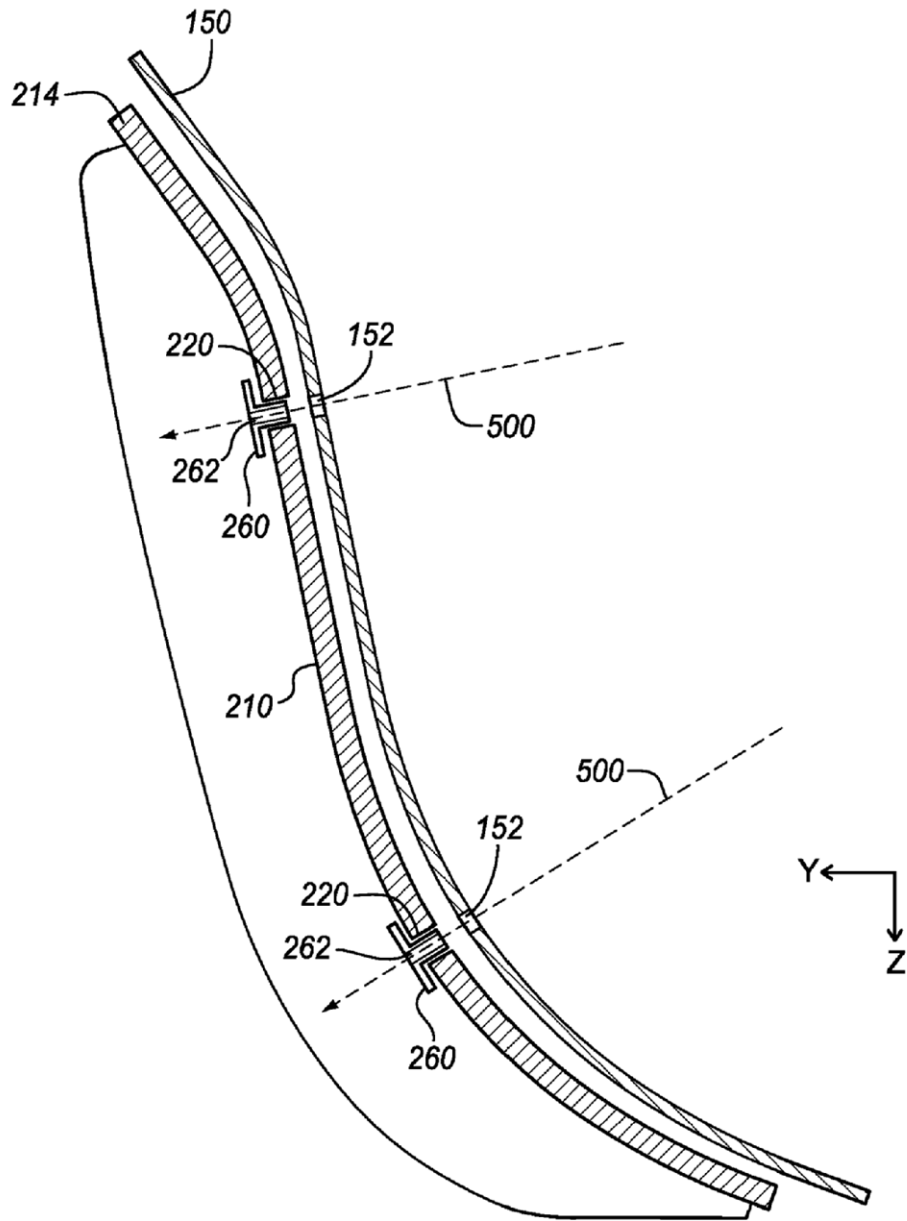


FIG. 6

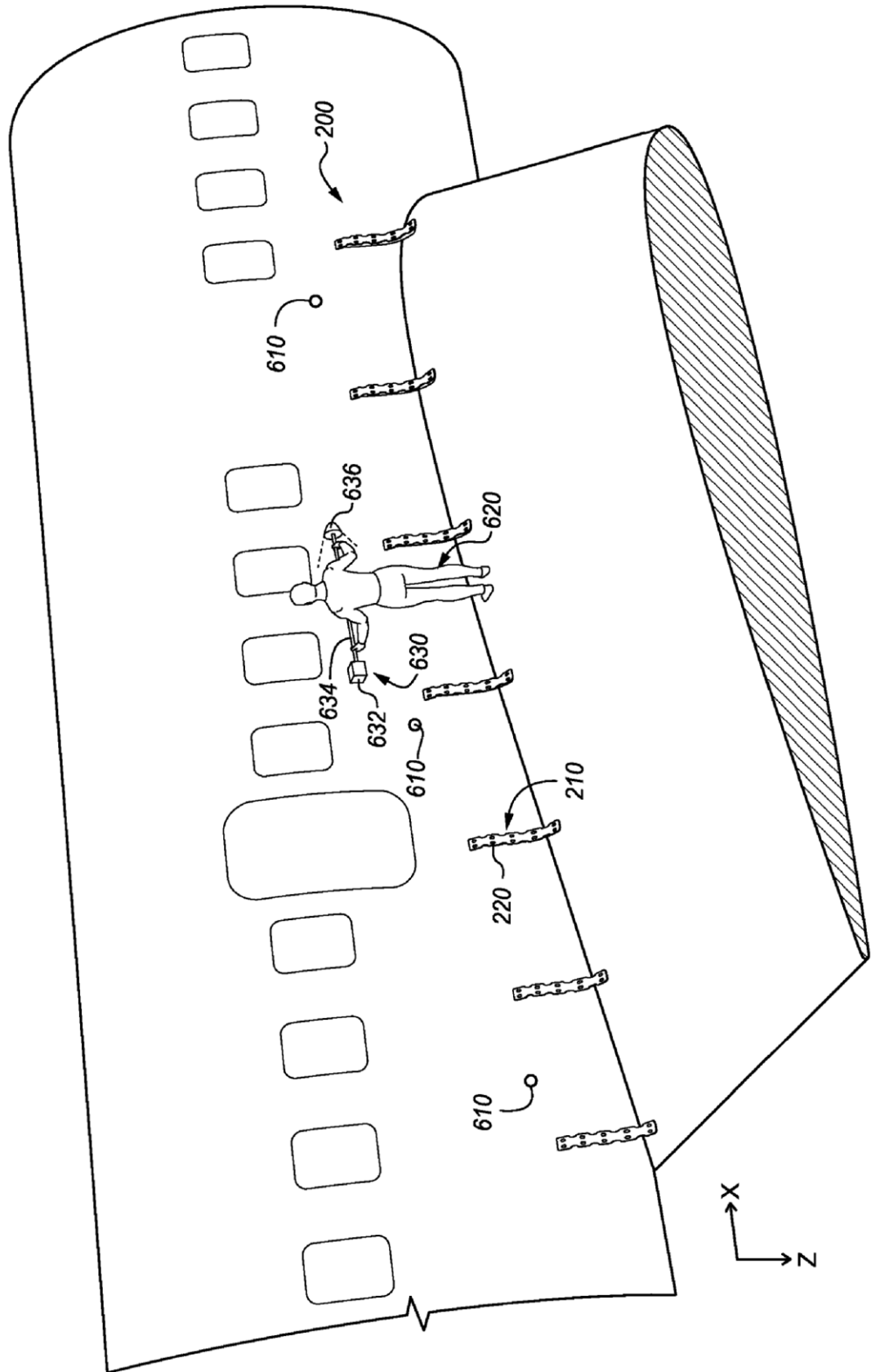


FIG. 7

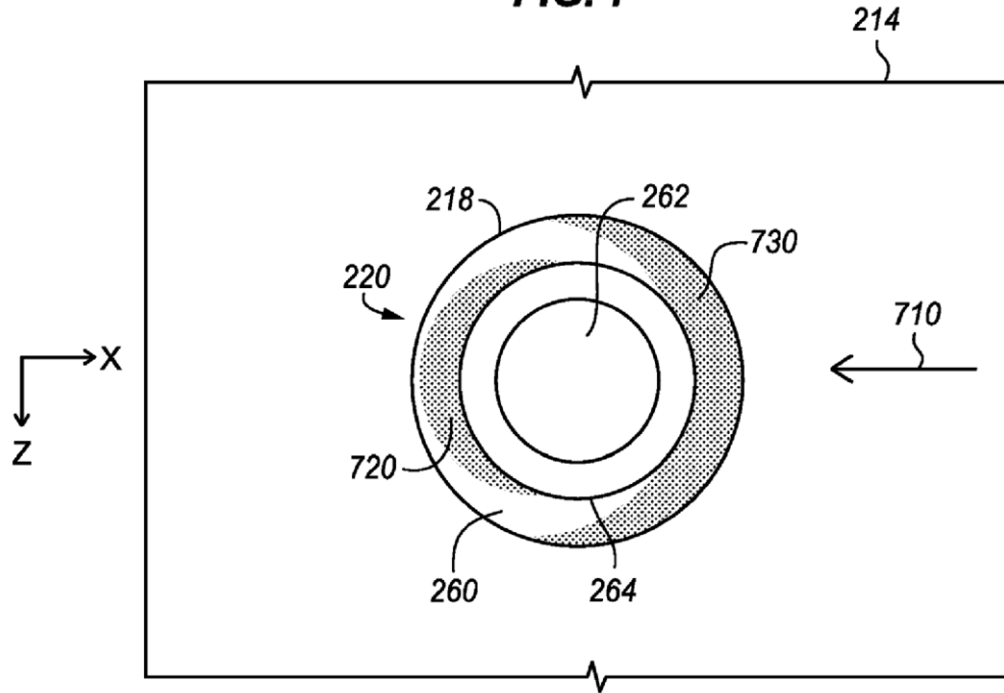


FIG. 8

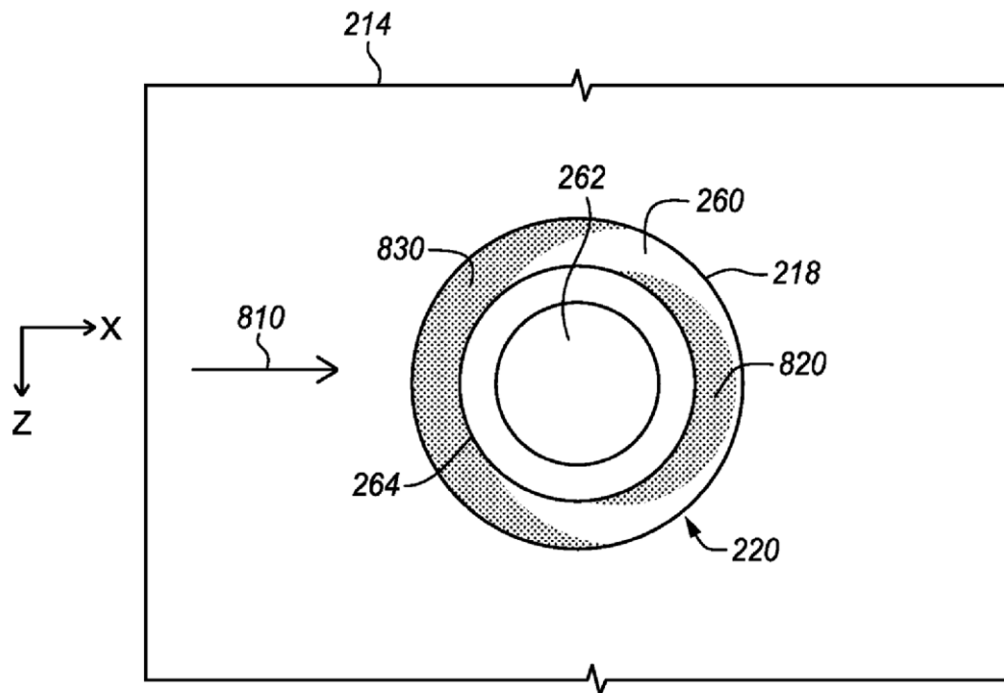


FIG. 9

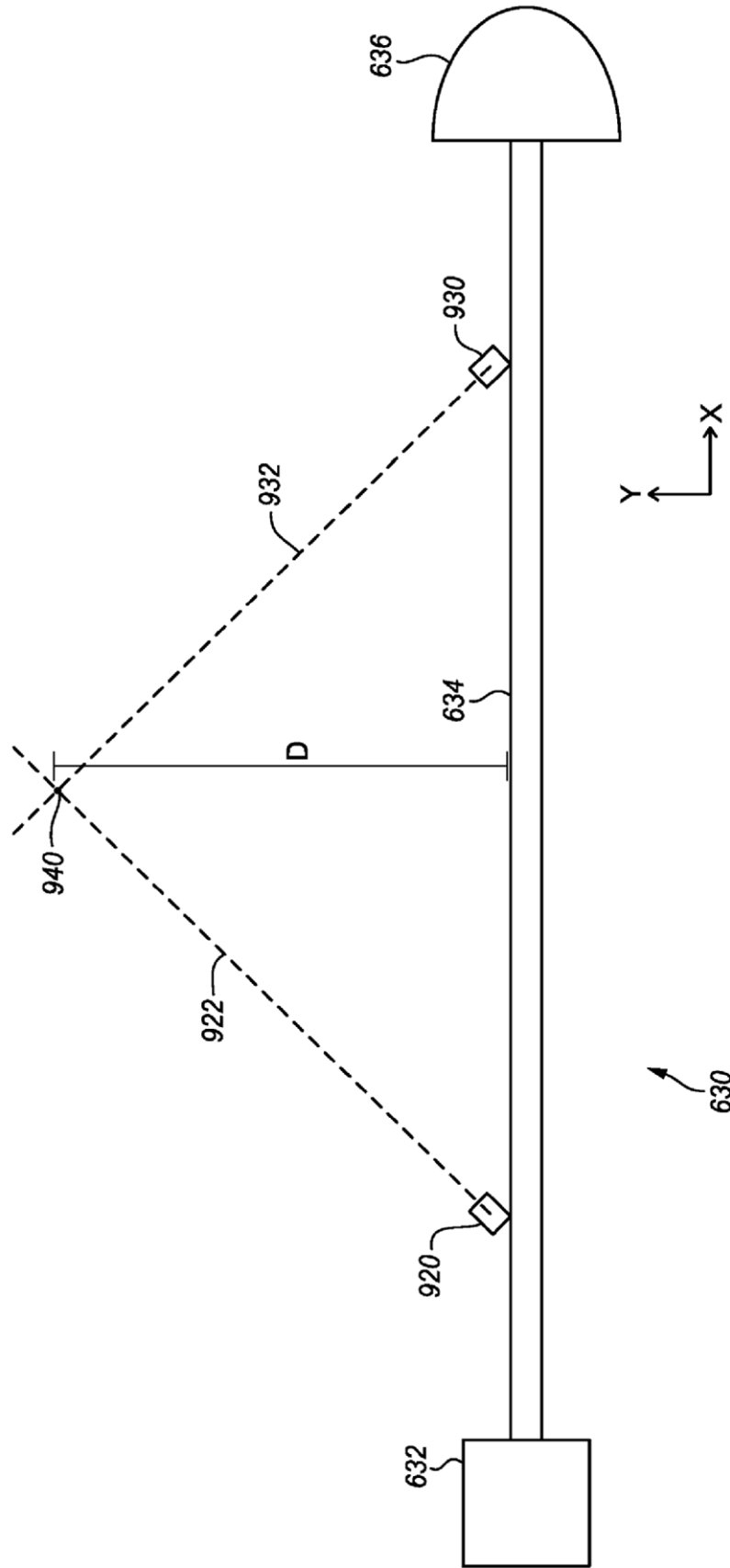


FIG. 10

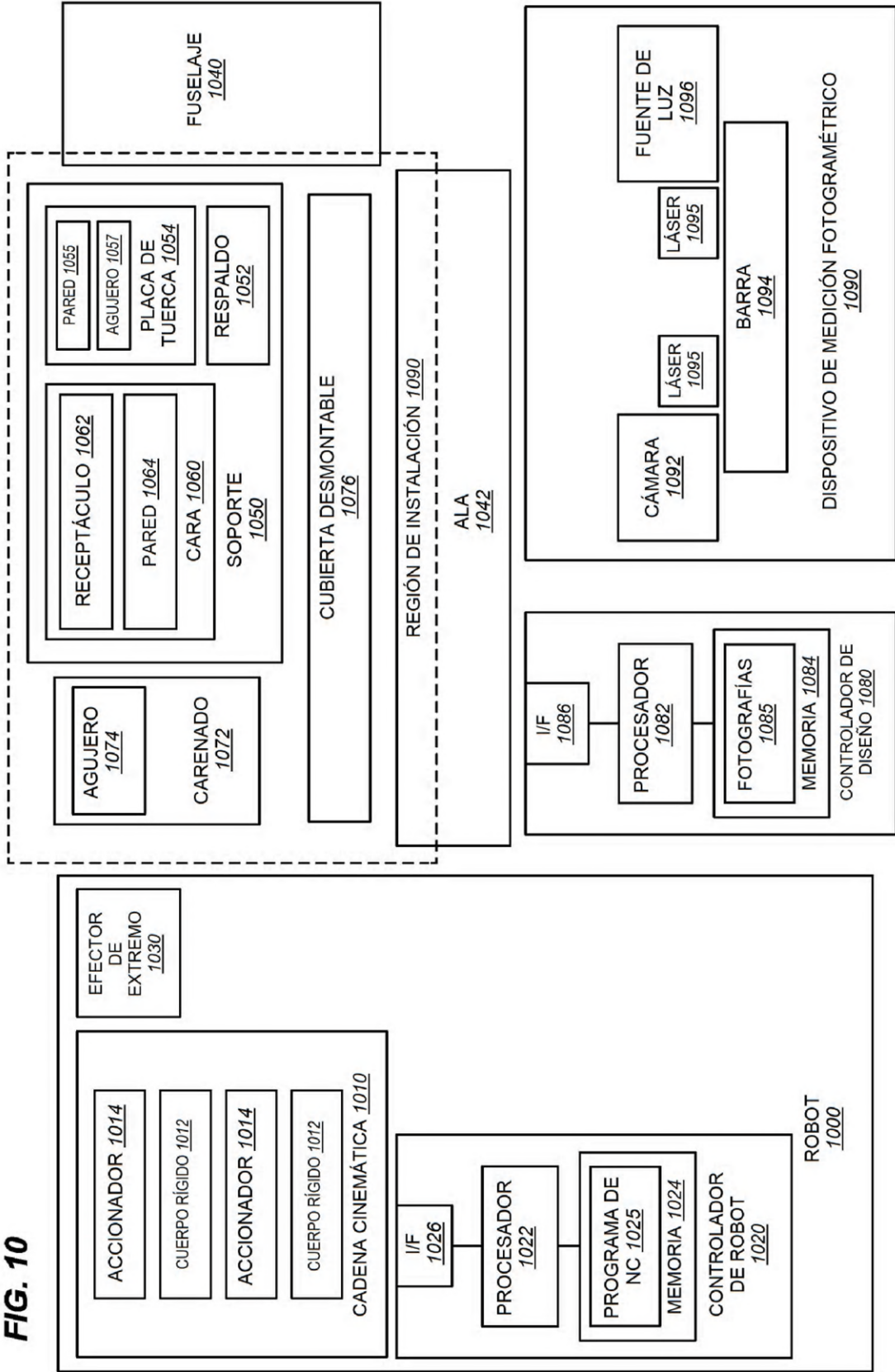


FIG. 11

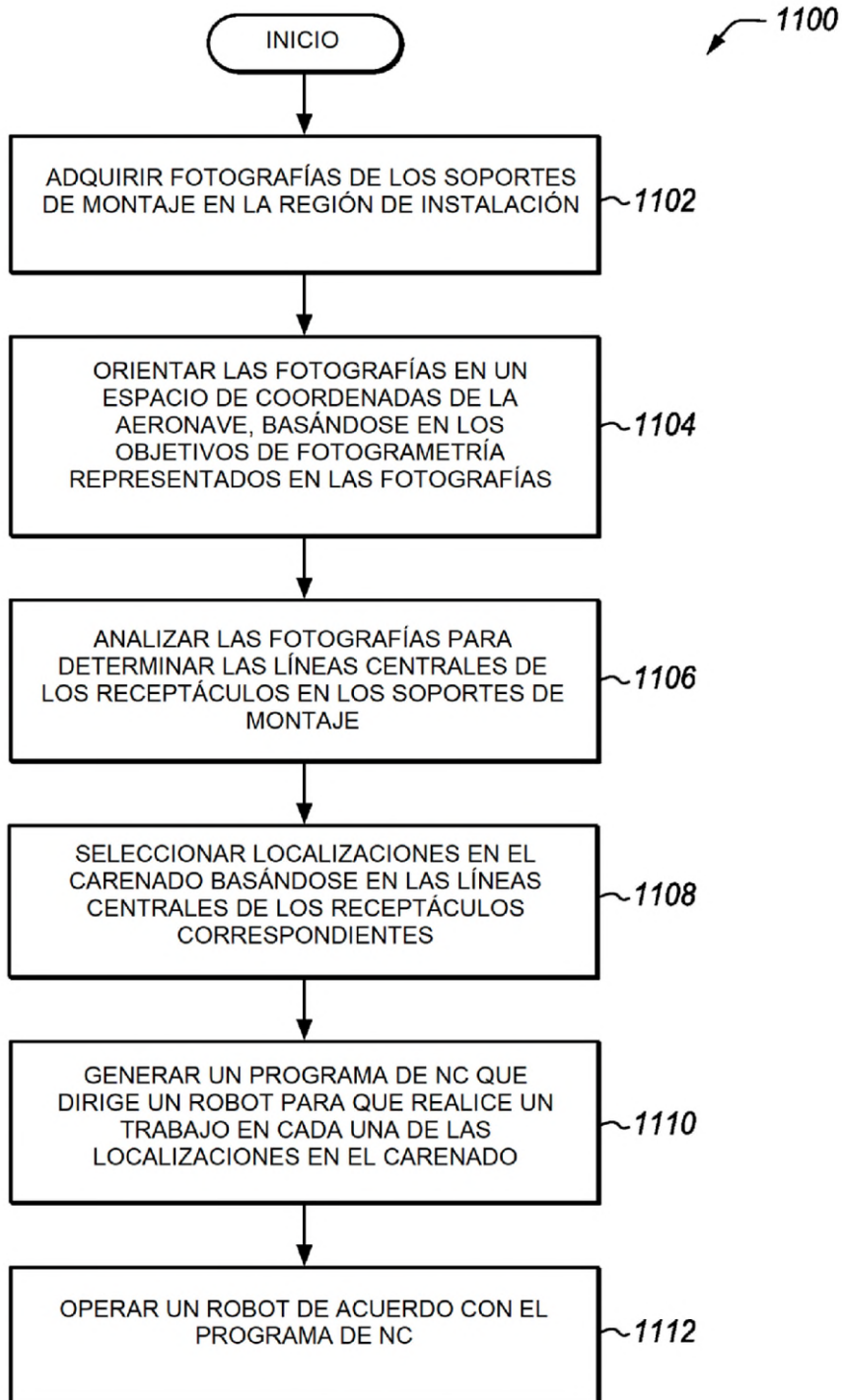


FIG. 12

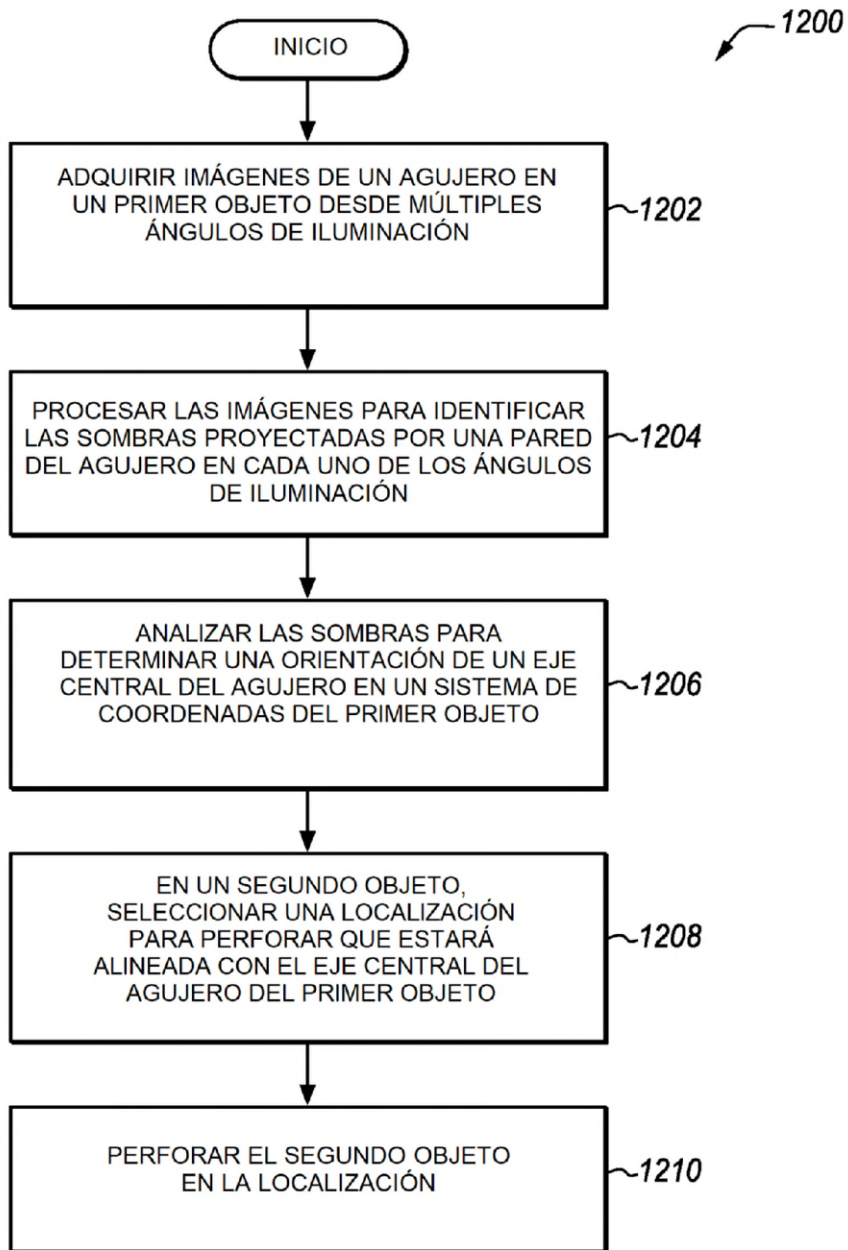


FIG. 13

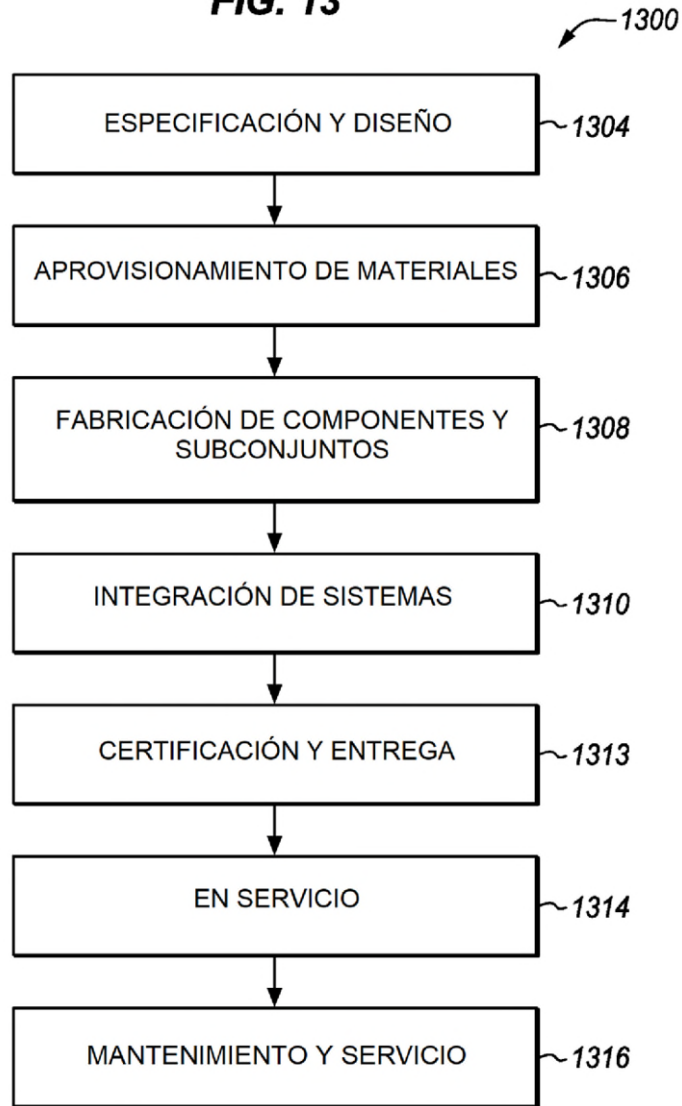


FIG. 14

