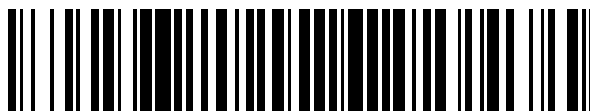


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 622 485**

51 Int. Cl.:

G01C 11/06 (2006.01)

G01B 11/02 (2006.01)

G06T 7/00 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.05.2009 PCT/US2009/044791**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.11.2009 WO09143321**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.05.2009 E 09751549 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.03.2017 EP 2286297**

54 Título: **Sistema y método de medición estereoscópicos**

30 Prioridad:

22.05.2008 US 125809

22.05.2008 US 125794

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

06.07.2017

73 Titular/es:

**MATRIX ELECTRONIC MEASURING
PROPERTIES, LLC (100.0%)
1725 Vortex Avenue
Salina, KS 67401, US**

72 Inventor/es:

**REDDEN, WARREN;
STEVENS, GEORGE, B.;
CLENENING, GRADY, A.;
WATERS, WINDFLOWER;
WEINTRAUB, STEVEN;
REDDEN, CARL;
SRACK, ROBERT, W. y
SRACK, JANET, M.**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 622 485 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema y método de medición estereoscópicos

Antecedentes

5 La generación de imágenes estereoscópicas, o estereoscopia, se utiliza para obtener información tridimensional sobre un objeto sobre la base de un par de imágenes bidimensionales de ese objeto. En general, la imagen estereoscópica implica combinar visualmente al menos dos imágenes de un objeto, tomadas desde puntos de visión ligeramente diferentes, para producir la ilusión de profundidad tridimensional. Mediante la obtención de las dos imágenes estereoscópicas desde perspectivas ligeramente diferentes, las ubicaciones de coordenadas de los puntos de medición deseados identificados en ambas imágenes se pueden determinar con mayor precisión.

10 La formación de imágenes estereoscópicas es la base para la fotogrametría, que implica producir estereogramas o un par de imágenes estereoscópicas de un objeto con el fin de determinar propiedades geométricas y/o información de medición sobre el objeto. La fotogrametría se utiliza en diversos campos, tales como la fabricación, la topografía arquitectónica, la preservación de edificios y la arqueología con el fin de obtener información de medición para un objeto de interés. Cuando se obtienen mediciones entre puntos de medición particulares sobre un objeto deseado mediante fotogrametría, se requiere generalmente que se designen los mismos puntos de medición en ambas imágenes para obtener información de medición exacta.

15 Con la aparición de sensores de imágenes digitales, se han desarrollado técnicas de procesamiento de imágenes con base en ordenador y se han aplicado a la fotogrametría. Sin embargo, el aumento de la resolución del sensor de imagen digital y los avances en el procesamiento de imágenes por ordenador no se han utilizado eficientemente para fines de medición estereoscópica. Además, existe la necesidad de un sistema de procesamiento estereoscópico que permita a un usuario designar fácilmente los mismos puntos de medición en imágenes estereoscópicas de un objeto para obtener mediciones más precisas.

20 El documento US2006/210147 describe un aparato de procesamiento de imágenes que incluye una unidad de memoria que almacena datos de una primera imagen de proyección y datos de una segunda imagen de proyección, que están asociados con el mismo objeto y se capturan en diferentes direcciones de formación de imágenes, una unidad de despliegue que muestra los datos de la primera imagen de proyección y los datos de la segunda imagen de proyección, una unidad de operación de designación que está configurada para designar una pluralidad de puntos en la primera y segunda imágenes de proyección mostradas y una unidad de soporte de operación que genera una línea de asistencia de selección para soportar una operación de designación, por la unidad de operación de designación, de la pluralidad de puntos de la segunda imagen, que corresponden anatómicamente a la pluralidad de puntos designados en la primera imagen de proyección. La US6083353 describe dispositivos y métodos para calcular una distancia entre dos puntos estereoscópicos. La EP1378790 describe un dispositivo para medir datos para calibración para obtener datos para la calibración de una cámara capaz de variar sus condiciones ópticas, en donde los datos para la calibración se obtienen usando una pluralidad de imágenes de una gráfica de calibración que tiene marcas dispuestas sobre la misma que fueron fotografiadas con la cámara bajo condiciones ópticas variadas, que comprende: una parte de extracción de marca para extraer las marcas de las imágenes de la carta; una parte de cálculo de parámetros internos para calcular datos para la calibración bajo condiciones ópticas bajo las cuales se fotografiaron las imágenes de la carta con base en las posiciones de las marcas extraídas por la parte de extracción de marca y una pluralidad de condiciones bajo las cuales se fotografiaron las imágenes de la carta; y una parte de cálculo de función de parámetro interna para calcular datos para calibración correspondientes a las diversas condiciones de fotografiado óptico de la cámara, utilizando los datos para calibración calculados en la parte de cálculo de parámetros interna y una pluralidad de condiciones ópticas bajo las cuales se fotografiaron las imágenes de la carta. El dispositivo puede eliminar el efecto de distorsión de la lente de una imagen fotografiada con una cámara capaz de variar sus condiciones ópticas. Bruhn, H y otros: "FOTOGRAMMETRISCHE VERMESSUNG VON KRAFTFAHRZEUGEN", ATZ Automobiltechnische Zeitschrift, Vieweg Publishing, Wiesbaden, Alemania, vol. 91, no. 6, 1 de junio de 1989, páginas 341/342-347, XP000082909, ISSN: 0001-2785, describe el uso de la fotogrametría como una herramienta de medición tridimensional para aplicaciones industriales. Solo se necesita un vehículo o objeto de prueba durante un tiempo relativamente corto para permitir la toma fotografías.

Resumen

50 De acuerdo con un aspecto, se proporciona un sistema que comprende módulos ejecutables con al menos un procesador para obtener mediciones de un objeto, como se expone en la reivindicación 1 de las reivindicaciones adjuntas. El sistema comprende una memoria para almacenar una pluralidad de imágenes estereoscópicas, cada una de las cuales comprende una primera y una segunda imágenes de un objeto particular. El sistema comprende además un módulo de interfaz de usuario (UI) para generar una lista de la pluralidad de imágenes estereoscópicas para la visualización, para generar imágenes primera y segunda correspondientes de una imagen estereoscópica particular seleccionada de la lista para su visualización. El módulo UI también está configurado para recibir una primera entrada

de usuario que designa un primer punto de medición en la primera imagen correspondiente, una segunda entrada de usuario que designa un segundo punto de medición en la primera imagen correspondiente, una tercera entrada de usuario que designa el primer punto de medición a lo largo de otra línea de ayuda de selección en la segunda imagen correspondiente y una cuarta entrada de usuario que designa el segundo punto de medición a lo largo de otra línea de ayuda de selección en la segunda imagen correspondiente. El sistema comprende además un módulo de selección de puntos para identificar un intervalo de puntos en la segunda imagen correspondiente con base en el primer punto de medición designado en la primera imagen correspondiente para generar la línea de asistencia de selección en la segunda imagen correspondiente con base en la gama de puntos, para identificar otro intervalo de puntos en la segunda imagen correspondiente con base en el segundo punto de medición designado en la primera imagen correspondiente y para generar la otra línea de asistencia de selección en la segunda imagen correspondiente con base en la otra gama de puntos. El sistema comprende además un módulo de punto estereoscópico para definir un primer punto estereoscópico que corresponde al primer punto de medición designado en la primera y segunda imágenes correspondientes y para definir un segundo punto estereoscópico que corresponde al segundo punto de medición designado en el primer y segundo imágenes. El sistema también comprende un módulo de medición transversal para calcular una distancia entre el primer punto estereoscópico y el segundo punto estereoscópico.

El módulo UI recibe una quinta entrada de usuario que designa un primer conjunto de puntos en un primer par de imágenes estereoscópicas y una sexta entrada de usuario que designa un segundo conjunto de puntos en un segundo par de imágenes estereoscópicas. El primer par de imágenes estereoscópicas comprende la primera y segunda imágenes de una parte del objeto particular, y el segundo par de imágenes estereoscópicas comprende otras primera y segunda imágenes de una parte opuesta del objeto particular. El sistema comprende además un módulo de simetría configurado para: definir un plano de referencia central entre el primer conjunto de puntos en el primer par de imágenes estereoscópicas y el segundo conjunto de puntos en la segunda imagen estereoscópica; y calcular las desviaciones de simetría entre el primer conjunto de puntos y el segundo conjunto de puntos en función del plano de referencia central definido. El módulo de interfaz de usuario está configurado para generar las desviaciones de simetría para la visualización.

De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un método para obtener mediciones a partir de una imagen estereoscópica de un objeto, según se expone en la reivindicación 4 de las reivindicaciones adjuntas. La imagen estereoscópica comprende imágenes primera y segunda del objeto. El método comprende mostrar la primera imagen y la segunda imagen. El método comprende además recibir una primera entrada de usuario que designa un primer punto de medición en la primera imagen y que recibe una segunda entrada de usuario que designa un segundo punto de medición en la primera imagen. El método comprende además identificar un intervalo de puntos en la segunda imagen con base en el primer punto de medición e identificar otro intervalo de puntos en la segunda imagen con base en el segundo punto de medición. El método comprende además generar una línea de asistencia de selección en la segunda imagen con base en el intervalo de puntos y generar otra línea de asistencia de selección en la segunda imagen con base en la otra gama de puntos. El método comprende además recibir una tercera entrada de usuario que designa el primer punto de medición en la segunda imagen a lo largo de la línea de asistencia de selección y una cuarta entrada de usuario que designa el segundo punto de medición en la segunda imagen a lo largo de la otra línea de asistencia de selección. El método comprende además definir un primer punto estereoscópico que corresponde al primer punto de medición designado en la primera y segunda imágenes y definir un segundo punto estereoscópico que corresponde al segundo punto de medición designado en la primera y segunda imágenes. El método también comprende calcular una distancia entre el primer punto estereoscópico y el segundo punto estereoscópico.

El método comprende además recibir otra entrada de usuario que designa un primer conjunto de puntos en un primer par de imágenes estereoscópicas y una recepción de una segunda entrada de usuario que designa un segundo conjunto de puntos en un segundo par de imágenes estereoscópicas. El primer par de imágenes estereoscópicas comprende la primera imagen y la segunda imagen de una porción del objeto, y el segundo par de imágenes estereoscópicas comprende otra primera imagen y otra segunda imagen de una parte opuesta del objeto. El método comprende también definir un plano de referencia central entre un primer conjunto de puntos en el primer par de imágenes estereoscópicas y el segundo conjunto de puntos en el segundo par de imágenes estereoscópicas; y calcular las desviaciones de simetría entre cada uno de los primeros conjuntos de puntos y cada uno de los segundos conjuntos de puntos como una función del plano de referencia central definido.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es un diagrama de bloques de un sistema de medición estereoscópico de acuerdo con un aspecto de la presente invención.

Las Figs. 2A y 2B son vistas en perspectiva de un dispositivo de captura de imágenes estereoscópicas según un aspecto del sistema de medición estereoscópico.

La Fig. 3A es un diagrama de bloques de una aplicación de medición estereoscópica según un aspecto del sistema de medición estereoscópico.

Las Figs. 3B-3D son vistas de imágenes de una cámara seccionada para la calibración intrínseca de la cámara.

La Fig. 3E es una imagen de un vehículo con un plano de referencia central entre puntos seleccionados.

La Fig. 3F es un modelo geométrico para determinar la simetría entre puntos seleccionados en una imagen.

Las Figs. 4A-4F son vistas en pantalla de los formularios de gestión de imágenes.

5 La Fig. 5A es un modelo geométrico de mapeo para una cámara estenopeica.

La Fig. 5B es un modelo tridimensional del sistema de coordenadas para una cámara estenopeica.

Las Figs. 6A-6B son modelos de triangulación para determinar la ubicación de un punto en un sistema de coordenadas de un dispositivo de captura de imágenes.

10 Las Figs. 7A a 7D son ilustraciones de un proceso de superposición para crear un par de imágenes estereoscópicas compuestas a partir de dos pares de imágenes estereoscópicas.

La Fig. 8 es un diagrama de flujo que ilustra un método de adquisición de imagen estereoscópica de acuerdo con un aspecto del sistema de medición estereoscópica.

La Fig. 9 es un diagrama de flujo que ilustra un método de medición de puntos dentro de un par de imágenes estereoscópicas de acuerdo con un aspecto del sistema de medición estereoscópico.

15 La Fig. 10 es un diagrama de flujo que ilustra un método para calcular e informar mediciones entre puntos de medición designados en un par de imágenes estereoscópicas de acuerdo con un aspecto del sistema de medición estereoscópica.

Descripción detallada

20 Aspectos del sistema y método de medición estereoscópicos descritos aquí permiten a un usuario generar imágenes estereoscópicas de un objeto, designar puntos dentro de las imágenes estereoscópicas del objeto y obtener mediciones de precisión en referencia a los puntos designados. Una ventaja del sistema es la provisión de un dispositivo de captura portátil que permite al usuario capturar imágenes estereoscópicas de objetos en lugares remotos. El dispositivo de captura portátil transmite imágenes estereoscópicas a un sistema de procesamiento para mostrar las imágenes estereoscópicas y determinar mediciones de precisión entre puntos designados dentro de las imágenes estereoscópicas. Además, el sistema se puede desplegar en diversos entornos y es más portátil y rentable que los sistemas de medición convencionales.

25 La fig. 1 ilustra un aspecto de ejemplo de un sistema 100 de medición estereoscópico. El sistema 100 de medición estereoscópica permite que un usuario 102 capture imágenes estereoscópicas de un objeto 104 con un dispositivo 106 de captura de imágenes estereoscópicas. El dispositivo 106 de captura de imágenes estereoscópicas comprende una cámara 108 izquierda y una cámara 110 derecha. La cámara 108 izquierda y la cámara 110 derecha son, por ejemplo, cámaras digitales estenopeicas situadas en extremos opuestos de un miembro 112 de bastidor.

30 Un monitor 114 está dispuesto centralmente entre la cámara 108 izquierda y la cámara 110 derecha en el elemento 112 de bastidor. El monitor 114 está configurado para mostrar una imagen 116 izquierda capturada por la cámara 108 izquierda y una imagen 118 derecha capturada por la cámara 110 derecha. Aunque se representa un solo monitor 114 en la FIG. 1, se contempla que monitores separados, tal como se representa en las Figs. 2A y 2B, puede usarse para mostrar la imagen 116 izquierda y la imagen 118 derecha.

35 Haciendo referencia brevemente a las Figs. 2A y 2B, se representan aspectos de un dispositivo 106 de captura de imágenes estereoscópicas de ejemplo. En este aspecto, el dispositivo 106 de captura de imágenes estereoscópicas es un aparato manual portátil que comprende un esqueleto 202 que es suficientemente rígido para limitar la flexión. Por ejemplo, el esqueleto 202 puede construirse a partir de un material ligero, tal como plástico u otro material adecuado.

40 Una vaina 204 izquierda está fijada al extremo izquierdo del esqueleto 202 y una vaina 206 derecha está fijada al extremo derecho del esqueleto 202. La vaina 204 izquierda está configurada para alojar la cámara 108 izquierda y la vaina 206 derecha está configurada para alojar la cámara 110 derecha.

45 Un distribuidor 208 está situado en el centro del esqueleto 202 y aloja una fuente de energía (no mostrada) para alimentar las cámaras 108, 110 izquierda y derecha. Por ejemplo, según un aspecto, el distribuidor 208 comprende un compartimento de batería (no mostrado) que recibe una batería. De acuerdo con otro aspecto, el distribuidor 208

comprende unos terminales de entrada de potencia (no mostrados) configurados para conectarse con un cable de alimentación que está conectado a una toma de corriente.

De acuerdo con otro aspecto, el distribuidor 208 comprende un monitor 210 izquierdo y un monitor 212 derecho. El monitor 210 izquierdo y el monitor 212 derecho son, por ejemplo, monitores de pantalla de cristal líquido (LCD). El monitor 210 izquierdo está conectado a la cámara 108 izquierda y muestra la imagen 116 izquierda. El monitor 212 derecho está conectado a la cámara 110 derecha y muestra la imagen 118 derecha del objeto 104. El usuario 102 maniobra el dispositivo 106 de captura de imágenes estereoscópicas Para mostrar las imágenes 116, 118 izquierda y derecha de una parte deseada del objeto 104 a través de los monitores 210, 212 izquierdo y derecho. La ubicación central de los monitores 210, 212 permite al usuario 102 determinar convenientemente un campo de visión común para las cámaras 108, 110 izquierda y derecha.

Un mango 214 izquierdo está situado a la izquierda del distribuidor 208 y un mango 216 derecho está situado a la derecha del distribuidor 208. En particular, se contempla que los mangos 214, 216 del dispositivo 106 de captura de imágenes pueden ser ubicados en una o varias posiciones diferentes. El usuario 102 retiene el dispositivo 106 de captura de imágenes a través del mango 214 izquierdo y el mango 216 derecho. Según un aspecto, el mango 214 izquierdo comprende un conmutador 218 que controla los obturadores electrónicos de la cámara 108 izquierda y la cámara 110 derecha. El conmutador 218 está cableado a las cámaras 108, 110 izquierda y derecha para asegurarse de que las imágenes 116, 118 izquierda y derecha correspondientes se capturan simultáneamente. Por ejemplo, cuando el monitor 210 izquierdo y el monitor 212 derecho (o un único monitor 114) muestran las imágenes 116, 118 izquierda y derecha del área deseada, el usuario 102 activa o conmuta el conmutador 218 para capturar las imágenes 116, 118 izquierda y derecha.

De acuerdo con un aspecto, la cámara 108 izquierda y la cámara 110 derecha están configuradas para transferir imágenes y datos de imágenes al distribuidor 208 a través de cables de bus serie universal ("USB"). Por ejemplo, la cámara 108 izquierda está conectada a un puerto 220 de comunicación por un cable USB y la cámara 110 derecha está cableada al puerto 220 de comunicación por otro cable USB.

De acuerdo con otro aspecto, el distribuidor 208 está montado en un bastidor giratorio de manera que puede girar independientemente de la cámara 108 izquierda y la cámara 110 derecha. Como resultado, el usuario 102 puede ver los monitores 210, 212 independientemente de la orientación de las cámaras 108, 110 derecha e izquierda.

De acuerdo con otro aspecto, las lámparas 222, 224 están situadas junto a las cámaras 108, 110 izquierda y derecha. El propósito de las lámparas 222, 224 es iluminar el objeto 104 durante la captura de las imágenes 116, 118 izquierda y derecha. En un ejemplo, las lámparas 222, 224 están configuradas para encenderse, o destellar, cuando el conmutador 218 es conmutado. En otro ejemplo, las lámparas 222, 224 están configuradas para encenderse cuando se conmuta un conmutador separado (no mostrado).

Haciendo referencia de nuevo a la FIG. 1, el dispositivo 106 de captura de imagen está configurado para transferir la imagen 116 izquierda y la imagen 118 derecha a un sistema 120 de procesamiento para procesamiento a través de un enlace de comunicación cableado o inalámbrico. Según un aspecto, el dispositivo 106 de captura de imágenes está configurado para transferir imágenes sin hilos al sistema 120 de procesamiento en respuesta al usuario 102 que acciona un conmutador de transmisión (no mostrado) en el dispositivo 106 de captura de imágenes. En un ejemplo, un transmisor 122 inalámbrico está conectado al dispositivo 106 de captura de imágenes a través del puerto 220 de comunicación. El transmisor 122 transmite una señal 124 que comprende datos de imágenes representativos de las imágenes 116, 118 izquierda y derecha. Aunque el transmisor 122 está representado externamente al dispositivo 106 de captura de imágenes, se contempla que el transmisor 122 pueda estar integrado en el dispositivo 106 de captura de imágenes.

Un receptor 126 inalámbrico está conectado al sistema 120 de procesamiento y recibe la señal 124 desde el transmisor 122. El transmisor 122 y el receptor 126 correspondiente pueden utilizar un enlace Gigabit Ethernet, enlace IEEE 802.11, enlace de banda ultraancha (UWB), o cualquier otro enlace de comunicación inalámbrico adecuado. El transmisor inalámbrico 122 y el receptor inalámbrico son opcionales en algunas realizaciones.

De acuerdo con otro aspecto, el dispositivo 106 de captura de imagen transfiere la imagen 116 izquierda y la imagen 118 derecha desde el dispositivo 106 de captura de imágenes al sistema 120 de procesamiento a través de una conexión 128 por cable en respuesta al usuario 102 que acciona el conmutador de transmisión (no mostrada). Alternativamente, el sistema 120 de procesamiento descarga automáticamente imágenes del dispositivo de captura 106 en respuesta a la detección de la conexión 128 cableada entre el dispositivo 106 de captura de imágenes y el sistema 120 de procesamiento. La conexión 128 por cable puede ser una conexión USB, una conexión FireWire o cualquier otra conexión por cable adecuada.

El sistema 120 de procesamiento comprende una aplicación 130 de medición estereoscópica ("aplicación de medición"). La aplicación 130 de medición comprende módulos ejecutables o instrucciones que permiten al sistema 120 de

procesamiento procesar datos de imágenes, mostrar imágenes estereoscópicas y obtener datos de medición precisos para puntos designados dentro de imágenes estereoscópicas. En un aspecto, el sistema 120 de procesamiento es un ordenador remoto, tal como un ordenador portátil o una estación de ordenador personal. En otro aspecto, el sistema 120 de procesamiento es un ordenador servidor.

5 Una interfaz 132 de usuario (IU) permite al usuario 102 seleccionar imágenes y/o emitir órdenes de procesamiento. Los comandos de procesamiento comprenden, por ejemplo, órdenes para iniciar la adquisición de datos de imágenes desde el dispositivo 106 de captura de imágenes y/o comandos para iniciar el análisis de datos de imágenes. En un ejemplo, la interfaz 132 de usuario comprende una pantalla 134, tal como un monitor de ordenador, para ver datos de imágenes y un dispositivo 136 de entrada, tal como un teclado o un dispositivo señalador (por ejemplo, un ratón, una bola de desplazamiento, un lápiz, una almohadilla táctil u otro dispositivo), para permitir que el usuario 102 interactúe con los datos de imágenes.

10 La interfaz 132 de usuario está configurada para mostrar uno o más formularios de entrada a través de la pantalla 134. Los formularios de entrada permiten al usuario 102 seleccionar datos de imágenes para su visualización y/o edición. Los formularios de entrada también permiten al usuario 102 designar puntos dentro de imágenes estereoscópicas y mostrar información de medición para los puntos designados.

15 De acuerdo con un aspecto, el sistema 120 de procesamiento comprende una memoria 138 para almacenar datos de imágenes estereoscópicas para un objeto 104 particular, incluyendo datos de imágenes procesados y/o sin procesar. Por ejemplo, la memoria 138 comprende uno o más archivos 140 que comprenden cada uno datos de imágenes procesados y/o no procesados para el objeto 104.

20 En un ejemplo operativo, el sistema 100 de medición estereoscópica compara los puntos designados por el usuario dentro de imágenes estereoscópicas del objeto 104 con puntos de referencia conocidos para ese objeto. Comparando el usuario 102 puntos designados dentro de imágenes estereoscópicas de un objeto 104, tal como un vehículo dañado a los puntos de referencia correspondientes de un vehículo no dañado, el sistema 100 de medición determina una o más mediciones entre los puntos designados y los puntos de referencia para cuantificar una cantidad de daños al vehículo.

25 En otro ejemplo operativo, el sistema 100 de medición estereoscópica detecta un cambio en un objeto 104 que se produce durante un periodo de tiempo. Por ejemplo, el sistema 100 de medición estereoscópica se utiliza para calcular una distancia de corriente entre dos puntos designados por el usuario en las imágenes estereoscópicas del exterior de un edificio. Uno de los puntos designados es, por ejemplo, un punto de referencia tal como un punto de referencia de elevación del terreno que permanece sustancialmente constante a lo largo del tiempo. El otro punto designado es, por ejemplo, un punto objetivo en el exterior del edificio. Después de transcurrido un período de tiempo, el sistema 100 de medición estereoscópica se utiliza para calcular la distancia entre el mismo punto de referencia y el mismo punto objetivo del edificio. Por consiguiente, un cambio en la distancia calculada entre el punto de referencia y el punto objetivo indica, por ejemplo, que la fundación del edificio se ha desplazado y/o alguna otra desviación estructural ha ocurrido.

30 Aunque el sistema 100 de medición estereoscópica se describe aquí utilizado para obtener datos de medición para vehículos y/o edificios, se contempla que el sistema 100 pueda usarse para obtener mediciones para cualquier objeto 104 para el cual se puedan capturar imágenes estereoscópicas.

35 Como otro ejemplo, el sistema 100 de medición estereoscópica puede usarse para catalogar una imagen tridimensional de un artefacto o propiedad personal, tal como un jarrón. Por ejemplo, el sistema 100 de medición estereoscópica se utiliza para capturar varias imágenes estereoscópicas del jarrón. Después de esto, se pueden calcular las medidas entre los puntos seleccionados en el jarrón en las tres dimensiones. Posteriormente, estas mediciones pueden catalogarse y utilizarse luego para verificar la autenticidad del jarrón y/o para generar una réplica del jarrón.

40 La FIG. 3A representa una aplicación 302 de medición estereoscópica de ejemplo (por ejemplo, una aplicación de medición 130) según un aspecto del sistema 100 de medición. La aplicación de medición 302 comprende módulos que permiten al sistema 120 de procesamiento procesar datos de imágenes, para generar imágenes estereoscópicas y obtener mediciones precisas para los puntos designados por el usuario dentro de una imagen estereoscópica generada.

45 Un módulo 304 de adquisición de datos está configurado para recibir datos de imágenes desde el dispositivo 106 de captura de imagen. Por ejemplo, cuando la conexión 128 cableada conecta el dispositivo 106 de captura de imagen y el sistema 120 de procesamiento, el módulo 304 de adquisición de datos detecta el cableado 128 y recibe las imágenes 116, 118 izquierda y derecha desde el dispositivo 106 de captura de imágenes. Como otro ejemplo, cuando las imágenes 116, 118 izquierda y derecha están siendo transferidas al sistema 120 de procesamiento a través de una comunicación inalámbrica, el módulo 304 de adquisición de datos detecta la comunicación inalámbrica desde el dispositivo 106 de captura de imágenes a través del receptor 126 y recibe las imágenes 116, 118 izquierda y derecha desde el dispositivo 106 de captura de imágenes. Según un aspecto, las imágenes 116, 118 izquierda y derecha imágenes se suprimen de la izquierda y las cámaras derechas 108, 110 después de ser transferidas al sistema 120 de

procesamiento.

De acuerdo con otro aspecto, el módulo 304 de adquisición de datos está configurado para recuperar datos 306 intrínsecos de las cámaras 108, 110 izquierda y derecha para almacenamiento en la memoria 138. Como se usa en la presente memoria, los datos intrínsecos para una cámara se refieren a datos geométricos y ópticos característicos de la lente y la cámara según lo determinado a través de un proceso de calibración de la cámara.

La calibración de cámara es el proceso de relacionar el modelo ideal de la cámara con el dispositivo físico real y determinar la posición y orientación de la cámara con respecto a un sistema de referencia mundial. La calibración estereoscópica normalmente implica un proceso de calibración interno o intrínseco y un proceso de calibración externo o estereoscópico. Como se describe con más detalle a continuación, la calibración estereoscópica implica típicamente determinar la posición y la orientación de la cámara 108 izquierda y la cámara 110 derecha entre sí con respecto a un sistema de referencia mundial.

El propósito de la calibración intrínseca es determinar datos 306 intrínsecos, tales como distorsión de lente, longitud focal y el punto principal de una imagen para una cámara particular. Los datos 306 intrínsecos se determinan por separado para cada una de las cámaras 108, 110 izquierda y derecha. Según un aspecto, la calibración intrínseca se realiza durante las etapas finales del proceso de fabricación del dispositivo 106 de captura de imágenes. Por ejemplo, después de que el dispositivo 106 de captura de imágenes se ha montado y es operable, los datos 306 intrínsecos se determinan por separado para cada una de la cámara 108 izquierda y la cámara 110 derecha.

De acuerdo con un aspecto, los datos 306 intrínsecos determinados para la cámara 108 izquierda se almacenan en una memoria de la cámara 108 izquierda y los datos 306 intrínsecos determinados para la cámara 110 derecha se almacenan en una memoria de la cámara 110 derecha. En un aspecto, los datos 306 intrínsecos determinados se almacenan como archivos XML en la memoria de cada cámara. Mediante la determinación de datos 306 intrínsecos para cada cámara, las imperfecciones de un punto en una imagen pueden neutralizarse eficazmente, vinculando de este modo el punto con las coordenadas correspondientes en el sistema de coordenadas de cámara.

De acuerdo con un aspecto, los datos 306 intrínsecos se determinan para cada una de las cámaras izquierda y derecha 108, capturando primero una serie de fotos de una imagen 342 de calibración o plantilla tal como se muestra en las Figs. 3B-3D. De acuerdo con un aspecto, la imagen de calibración consiste en alternar cuadrados negros y blancos o rectángulos dispuestos en un patrón de tablero de ajedrez plano. La serie de fotos se obtiene para diversas orientaciones de la imagen 342 de calibración.

En un ejemplo, el campo 344 de visión de cada cámara, o espacio de vista de imagen, se divide en nueve secciones (es decir, tres filas y tres columnas). La Fig. 3B representa la imagen 342 de calibración en una primera orientación situada en una sección del campo 344 de vista de imagen que corresponde a la fila superior y la columna izquierda. Las imágenes de la imagen 342 de calibración en la primera orientación se capturan en cada una de las nueve secciones por cada cámara. La Fig. 3C representa la imagen 342 de calibración en una segunda orientación (por ejemplo, girada aproximadamente 45 grados). Las imágenes de la imagen 342 de calibración en la segunda orientación se capturan en cada una de las nueve secciones por cada cámara. La Fig. 3D representa la imagen 342 de calibración en una tercera orientación (por ejemplo, inclinada hacia atrás aproximadamente cuarenta y cinco grados). Las imágenes de la imagen 342 de calibración en la tercera orientación se capturan en cada una de las nueve secciones por cada cámara.

Se conocen las dimensiones de los patrones de control individuales. Como resultado, se pueden determinar los valores intrínsecos de la cámara de distancia focal, distorsión de lente y posición de punto principal. Por ejemplo, se utilizan técnicas de procesamiento de imágenes para identificar las esquinas de cada cuadrado en el tablero de ajedrez y construir líneas de perspectiva que conectan estas esquinas. Si las líneas de perspectiva están ligeramente curvadas en lugar de rectas, puede derivarse una fórmula para enderezar su curvatura y usarse después para eliminar distorsiones de imagen. Como resultado, la fórmula se puede utilizar para establecer un mapeo de líneas rectas mundiales a rectas de imagen. En un ejemplo, esta fórmula es un vector de filas de valores escalares que representan la distorsión de la lente y el desalineamiento del centro del eje óptico del plano de la imagen, denominado punto principal, al eje mecánico del plano de la imagen. Las dos esquinas a lo largo de cualquier borde de un cuadrado en el tablero de ajedrez corresponden a píxeles que representan estas esquinas en el plano de la imagen. Los vectores homogéneos dibujados desde el sensor de imagen se cruzan en el punto focal y pasan por las esquinas del cuadrado de tamaño conocido. La longitud focal se determina como la altura del triángulo formado por estas dos líneas desde el plano de imagen al patrón de tablero de damas plano.

De acuerdo con otro aspecto, el módulo 304 de adquisición de datos está configurado para determinar si los datos 306 intrínsecos recuperados desde la cámara 108 izquierda y la cámara 110 derecha han sido actualizados antes de almacenar los datos 306 intrínsecos en la memoria 138. Por ejemplo, cuando los datos 306 intrínsecos se almacenan como un archivo XML, el módulo 304 de adquisición de datos compara metadatos de archivo XML, tales como una fecha y hora de creación asociadas, con archivos XML recuperados de cada cámara, con metadatos de archivo XML similares asociados con archivos XML previamente almacenados en la memoria 138. Si los metadatos de archivo XML

asociados a los archivos XML que se recuperan de la cámara 108 izquierda y la cámara 110 derecha indican que la fecha y hora de creación para esos archivos XML se creó después de los archivos XML previamente almacenados en la memoria 138, el módulo 304 reemplaza los archivos XML previamente almacenados con los archivos XML que se recuperan de la cámara 108 izquierda y la cámara 110 derecha.

5 De acuerdo con otro aspecto, un módulo 308 de emparejamiento empareja la imagen 116 izquierda y la imagen 118 derecha para crear un par de imágenes 310 estereoscópicas. El módulo 308 de emparejamiento almacena entonces el par de imágenes 310 estereoscópicas y los datos 312 de historial de descarga correspondientes en la memoria 138. Los datos 312 de historial de descarga comprenden, por ejemplo, una hora y una fecha en que los datos de imágenes de las cámaras 108, 110 izquierda y derecha incluidos en el par de imágenes 310 estereoscópicas fueron transferidos desde el dispositivo 106 de captura de imágenes al sistema 120 de procesamiento. De acuerdo con otro aspecto, los datos 312 de historial de descarga comprenden metadatos para cada una de las cámaras 108, 110 izquierda y derecha. Los metadatos identifican, por ejemplo, un modelo de cámara, un tipo de película y una cámara izquierda o derecha.

15 Un módulo 314 de procesamiento de imágenes procesa el par de imágenes 310 estereoscópicas para determinar si las imágenes 116, 118 izquierda y derecha son imágenes de una imagen 342 de calibración. Por ejemplo, el módulo 314 de procesamiento de imágenes emplea un algoritmo de reconocimiento de patrones para detectar el patrón geométrico conocido de la imagen 342 de calibración en la imagen estereoscópica. Si el módulo 314 de procesamiento de imágenes determina que un par de imágenes 310 estereoscópicas en particular comprende imágenes de una imagen 342 de calibración, se ejecuta un módulo 316 de calibración estereoscópica.

20 El módulo 316 de calibración estereoscópica está configurado para determinar datos 318 de calibración estereoscópica para el dispositivo 106 de captura de imagen. Por ejemplo, el módulo 316 de calibración estereoscópica determina las ubicaciones de cámara estenopeica para las cámaras 108, 110 izquierda y derecha con respecto a un elemento común dentro de un patrón de calibración (por ejemplo, imagen 342 de calibración) para establecer un origen de referencia para un sistema de coordenadas que corresponde al dispositivo 106 de captura de imágenes. En otro aspecto, el módulo 316 de calibración estereoscópica determina la distancia de separación entre el centro de las ubicaciones Las cámaras 108, 110 izquierda y derecha y la posición angular de cada una de las cámaras en relación con el dispositivo 106 de captura de imágenes. Los lugares de cámara estenopeica determinados para las cámaras 108, 110 izquierda y derecha, la distancia de separación y la posición angular de las cámaras 108, 110 izquierda y derecha se denominan colectivamente datos 318 de calibración estereoscópica. En un aspecto, los datos de calibración estereoscópica son una matriz, llamada bien sea la matriz esencial o la matriz fundamental, que comprende tanto valores de traslación como de rotación que describen los datos 318 de calibración estereoscópica. El módulo 316 de calibración estereoscópica almacena los datos 318 de calibración estereoscópica en la memoria 138. Los datos 318 de calibración estereoscópica se utilizan para triangular la ubicación exacta de puntos designados por el usuario dentro de un par de imágenes 310 estereoscópicas.

35 De acuerdo con un aspecto, la calibración estereoscópica se realiza justo antes de capturar imágenes de un objeto 104 particular para el que se desea información de medición. Las condiciones ambientales, tales como los niveles de temperatura y humedad, pueden afectar a la forma del dispositivo 106 de captura de imágenes (por ejemplo, contracción y expansión del material) y, por lo tanto, afectan al posicionamiento de las cámaras 108, 110 entre sí. Mediante la realización de una calibración estereoscópica antes de capturar imágenes de un objeto 104 deseado, los datos 318 de calibración estereoscópica se pueden determinar con base en el posicionamiento más actual de las cámaras 108, 110 entre sí.

45 De acuerdo con un aspecto, la calibración estereoscópica implica el uso de una imagen de calibración (por ejemplo, imagen 342 de calibración) para determinar la posición actual de las cámaras 108, 110 izquierda y derecha entre sí. Por ejemplo, el dispositivo 106 de captura de imágenes captura las imágenes 116, 118 izquierda y derecha de la imagen de calibración. El tamaño de los patrones individuales del revisor en la imagen, la distancia focal de las cámaras, el punto principal y la distorsión de la lente son parámetros conocidos. Como resultado, la distancia de separación y/o posición angular entre las cámaras izquierda y derecha puede determinarse aplicando técnicas de triangulación a puntos seleccionados en las imágenes izquierda y derecha. La triangulación se describe con más detalle a continuación con referencia a las Figs. 6A y 6B.

50 De acuerdo con otro aspecto del sistema 100 de medición estereoscópico, el módulo 314 de procesamiento de imágenes asocia los datos 318 de calibración estereoscópica con un par de imágenes 310 estereoscópicas con base en los datos 312 de historial de descarga. Por ejemplo, un par de imágenes 310 estereoscópicas que tiene una fecha y hora de transferencia que es posterior a la fecha y hora asociadas con un par de imágenes 310 estereoscópicas particulares en el que se detectó la imagen 342 de calibración, se asocia con los datos 318 de calibración estereoscópica determinados a partir de ese par de imágenes 310 estereoscópicas particulares.

55 Un módulo 320 de interfaz de usuario (UI) está configurado para generar una forma 322 de gestión de imágenes para la visualización a través de la UI 132. En un ejemplo, el módulo 320 de interfaz de usuario recupera el par de imágenes 310 estereoscópicas de la memoria 138 y permite al usuario 102 interactuar con las imágenes 116, 118 izquierda y derecha incluidas en el par de imágenes 310 estereoscópicas a través de la forma 322 de gestión de imágenes en la

pantalla 134. La forma 322 de gestión de imágenes comprende varias vistas que permiten al usuario mostrar datos de imágenes, interactuar con datos de imágenes, y para especificar puntos dentro de un par de imágenes 310 estereoscópicas para la medición.

5 Las Figs. 4A-4D representan varias vistas de pantalla de una forma 322 de gestión de imágenes mostrado en la pantalla 134. En un aspecto, el usuario 102 interactúa con la forma 322 de gestión de imágenes representado en la FIG. 4A a través de un dispositivo de entrada (por ejemplo, dispositivo 136 de entrada) para mostrar un proyecto existente. Por ejemplo, el usuario 102 utiliza el dispositivo 136 de entrada para seleccionar un control 402 de proyecto abierto en la forma 322 de gestión de imágenes para mostrar una imagen Lista de proyectos existentes, tal como se representa en la FIG. 4B. A continuación, el usuario 102 selecciona un proyecto particular de la lista de proyectos existentes para abrir utilizando técnicas estándar de apertura de archivos.

10 De acuerdo con otro aspecto, el usuario 102 utiliza el dispositivo 136 de entrada para interactuar con la forma 322 de gestión de imágenes para mostrar una lista de pares de imágenes 406 estereoscópicas incluidos en el proyecto seleccionado. Por ejemplo, el usuario 102 utiliza el dispositivo 136 de entrada para seleccionar un control 404 de imágenes de proyecto para mostrar la lista de pares de imágenes estereoscópicas 406 incluidos en el proyecto seleccionado.

15 De acuerdo con otro aspecto, el usuario 102 utiliza el dispositivo 136 de entrada para interactuar con la forma 322 de gestión de imágenes para eliminar una o más imágenes estereoscópicas de la lista de pares de imágenes estereoscópicas 406 incluidos en un proyecto. Por ejemplo, el usuario 102 utiliza el dispositivo 136 de entrada para habilitar o seleccionar un control 408 de casilla de verificación adyacente a un par de imágenes 310 estereoscópicas. A continuación, el usuario 102 utiliza el dispositivo 136 de entrada para seleccionar, por ejemplo, un control 410 de eliminación para permanentemente Eliminar el par de imágenes 310 estereoscópicas seleccionadas de la memoria 138. En otro ejemplo, el usuario 102 utiliza el dispositivo 136 de entrada para seleccionar, por ejemplo, un control 412 de retirada para eliminar el par de imágenes 310 estereoscópicas seleccionadas del proyecto, pero no de la memoria 138.

20 De acuerdo con otro aspecto, el usuario 102 interactúa con la forma 322 de gestión de imágenes para añadir uno o más pares de imágenes estereoscópicas nuevas a un proyecto existente. Por ejemplo, el usuario 102 utiliza el dispositivo 136 de entrada para seleccionar una nueva lengüeta 414 de imágenes, tal como se muestra en la FIG. 4C, para mostrar una lista de nuevos pares de imágenes estereoscópicas 416. En un ejemplo, el usuario 102 selecciona un par de imágenes 310 estereoscópicas de la lista de nuevos pares de imágenes estereoscópicas 416 utilizando el dispositivo 136 de entrada para habilitar o seleccionar una casilla 418 de verificación adyacente Un nuevo par de imágenes 310 estereoscópicas deseado. A continuación, el usuario 102 utiliza el dispositivo 136 de entrada para seleccionar, por ejemplo, un control 420 de adición para añadir el par de imágenes 310 estereoscópicas seleccionadas al proyecto existente.

25 De acuerdo con otro aspecto, el usuario 102 interactúa con la forma 322 de gestión de imágenes, tal como se representa en la Fig. 4C, para crear un nuevo proyecto. Por ejemplo, el usuario 102 utiliza el dispositivo 136 de entrada para seleccionar un nuevo control 422 de proyecto en la forma 322 de gestión de imágenes para mostrar la lista de nuevos pares de imágenes estereoscópicas 416. El usuario 102 utiliza entonces el dispositivo 136 de entrada para seleccionar uno o más pares de imágenes 310 estereoscópicas de la lista de nuevos pares de imágenes estereoscópicas 416 para incluir en el nuevo proyecto. Por ejemplo, el usuario 102 utiliza el dispositivo 136 de entrada para habilitar o seleccionar la casilla de verificación 418 adyacente al nuevo par de imágenes 310 estereoscópicas deseado. A continuación, el usuario 102 utiliza el dispositivo 136 de entrada para seleccionar el control 420 de adición para añadir el par de imágenes 310 estereoscópicas seleccionadas al nuevo proyecto.

30 De acuerdo con otro aspecto, el usuario 102 interactúa con la forma 322 de gestión de imágenes, tal como se representa en la FIG. 4C, para eliminar uno o más pares de imágenes estereoscópicas de la lista de nuevos pares de imágenes estereoscópicas 416. Por ejemplo, el usuario 102 utiliza el dispositivo 136 de entrada para habilitar o seleccionar la casilla de verificación 418 adyacente a un nuevo par de imágenes 310 estereoscópicas deseado. , El usuario 102 utiliza el dispositivo 136 de entrada para seleccionar, por ejemplo, un control 424 de borrado para eliminar el par de imágenes 310 estereoscópicas seleccionadas de la lista de nuevas imágenes estereoscópicas 416.

35 De acuerdo con otro aspecto, el usuario 102 interactúa con la forma 322 de gestión de imágenes para seleccionar un par de imágenes 310 estereoscópicas particulares dentro de un proyecto particular para su visualización. Por ejemplo, el usuario 102 utiliza el dispositivo 136 de entrada para habilitar el control de casilla de verificación 408 (véase la figura 4A) adyacente a un par de imágenes 310 estereoscópicas incluido en la lista de imágenes estereoscópicas 406 para un proyecto existente. Como otro ejemplo, el usuario 102 utiliza el dispositivo 136 de entrada para habilitar la casilla de verificación 418 (véase la figura 4C) adyacente a un par de imágenes 310 estereoscópicas incluido en la lista de nuevas imágenes 416 estereoscópicas para un nuevo proyecto.

40 El módulo 320 de interfaz de usuario genera el par de imágenes 310 estereoscópicas seleccionadas para mostrar en una ventana 426 de imagen izquierda y una ventana 428 de imagen derecha de la forma 322 de gestión de imágenes

en respuesta a la selección de los usuarios. En particular, la ventana 426 de imagen izquierda muestra la imagen 116 izquierda del par de imágenes 310 estereoscópicas y la ventana 428 de imagen derecha muestra la imagen 118 derecha del par de imágenes 310 estereoscópicas.

De acuerdo con otro aspecto, el módulo 320 de interfaz de usuario muestra la imagen 116 izquierda o la imagen 118 derecha en una ventana 430 activa en respuesta al usuario 102 que selecciona la ventana 426 de imagen izquierda o la ventana 428 de imagen derecha. Por ejemplo, El usuario 102 utiliza el dispositivo 136 de entrada para seleccionar la ventana 426 de imagen izquierda para mostrar la imagen 116 izquierda en la ventana 430 activa o para seleccionar la ventana 428 de imagen derecha para mostrar la imagen 118 derecha en la ventana 430 activa. En particular, el par 310 de imágenes mostrado en la FIG. 4C comprende imágenes 116, 118 izquierda y derecha de una imagen 342 de calibración.

De acuerdo con otro aspecto, el usuario 102 interactúa con la forma 322 de gestión de imágenes para designar uno o más puntos de medición dentro de una imagen visualizada en la ventana 430 activa. Por ejemplo, el usuario 102 selecciona la ventana 426 de imagen izquierda o la imagen derecha 428 para mostrar la imagen 116 izquierda correspondiente o la imagen 118 derecha en la ventana 430 activa. El usuario 102 utiliza entonces el dispositivo 136 de entrada para desplazarse horizontalmente y/o acercar y alejar la imagen mostrada en la ventana 430 activa. En un ejemplo, la ventana de imagen seleccionada (por ejemplo, la ventana 426 de imagen izquierda o la ventana 428 de imagen derecha) que corresponde a la imagen (por ejemplo imagen 116 izquierda o imagen 118 derecha) mostrada en la ventana 430 activa comprende un rectángulo 434 de enfoque, tal como se muestra en la Fig. 4E. El rectángulo 434 de enfoque esboza la parte de la imagen visible en la ventana 430 activa. El usuario 102 puede desplazar la imagen en la ventana 430 activa utilizando las barras 436 de desplazamiento adyacentes a la ventana 430 activa. Alternativamente, el usuario 102 proyecta la imagen en la ventana 430 activa arrastrando el rectángulo 434 de enfoque, por ejemplo, colocando un puntero del ratón sobre el rectángulo 434 de enfoque, presionando y manteniendo presionado el botón del ratón mientras el rectángulo 434 de enfoque se mueve a la posición deseada.

Después de que el usuario 102 visualice visualmente el punto de medición deseado, el usuario 102 interactúa con la imagen en la ventana 430 activa para seleccionar el punto. En un ejemplo, el usuario 102 posiciona un puntero del ratón sobre la posición deseada y hace clic en el botón del ratón para designar el punto. En respuesta a una designación de punto por parte del usuario 102, el módulo 320 de interfaz de usuario muestra una marca 438 de precisión en la posición en la imagen mostrada en la ventana 430 activa en la que el usuario designa el punto.

De acuerdo con otro aspecto, el usuario 102 interactúa con la imagen mostrada en la ventana 430 activa para ajustar la ubicación del punto designado. Por ejemplo, el usuario utiliza las teclas de flecha de un teclado para ajustar la ubicación del punto.

Con el fin de obtener mediciones precisas, el usuario 102 debe designar los mismos puntos de medición tanto en la imagen 116 izquierda como en la imagen 118 derecha del par de imágenes estereoscópicas. Por consiguiente, después de designar el punto deseado en una primera imagen (por ejemplo imagen 116 izquierda) del par de imágenes 310 estereoscópicas, el usuario 102 selecciona la otra ventana de imagen (por ejemplo, la ventana 428 de imagen derecha) para mostrar la segunda imagen (por ejemplo imagen 118 derecha) del par de imágenes 310 estereoscópicas en la ventana 430 activa. El usuario 102 designa entonces el mismo punto en la segunda imagen que se muestra en la ventana 430 activa. En respuesta a la designación de punto del usuario, el módulo 320 de interfaz de usuario muestra otra marca 440 de precisión en la posición en la segunda imagen mostrada en la ventana 430 activa donde el usuario designó el mismo punto. En otras palabras, el usuario 102 selecciona puntos comunes en ambas imágenes 116, 118 izquierda y derecha del par de imágenes 310 estereoscópicas.

Haciendo referencia de nuevo a la FIG. 3A, un módulo 324 de selección de puntos está configurado para ayudar al usuario 102 a seleccionar el mismo punto en la imagen 118 derecha identificando automáticamente un intervalo de puntos en la imagen 118 derecha que corresponde al punto designado por el usuario 102 en la imagen 116 izquierda. Como se ha descrito anteriormente, la cámara 108 izquierda y la cámara 110 derecha son, por ejemplo, cámaras estenopeicas.

La FIG. 5A representa el modelo de cámara estenopeica de una cámara. Un eje 502 óptico se extiende en la dirección de la vista de la cámara. Todas las líneas de proyección, o vectores homogéneos, de una imagen pasan a través de una cámara 504 estenopeica de la cámara. Un plano 506 de imagen está donde un punto 508 particular (P₁) en el mundo tridimensional (X, Y, Z) se proyecta a través de la cámara 504 estenopeica de la cámara. Por ejemplo, un vector 510 de proyección o línea desde el punto P₁ 508 pasará a través de la cámara 504 estenopeica sobre el plano 506 de imagen de la cámara en un punto P₂ 512. La distancia entre la cámara 504 estenopeica y el plano 506 de imagen a lo largo del eje 502 óptico es la distancia focal, f, de la cámara.

La FIG. 5B representa un sistema de coordenadas tridimensional para el modelo de cámara estenopeica utilizado como base para la cámara simple y las matemáticas estereoscópicas. Se coloca la cámara 504 estenopeica de la cámara (por ejemplo, cámara izquierda) en el origen O del sistema de coordenadas y el plano 506 de imagen paralelo al plano XY

del sistema de coordenadas. La relación entre las coordenadas mundiales tridimensionales del punto P₁ 508 y las coordenadas en el plano de imagen (x, y) puede ser expresado por lo siguiente:

$$x = f * X / Z \quad (1);$$

$$y = f * Y / Z \quad (2);$$

5 donde f es la longitud focal de la lente. Por lo tanto, el vector 510 homogéneo define un punto en el plano de imagen de la cámara.

10 Haciendo referencia de nuevo a la FIG. 3A, el módulo 324 de selección de puntos define un intervalo de posibles puntos de coincidencia en la imagen 118 derecha con base en un punto designado en la imagen 116 izquierda. Según un aspecto, el módulo 324 de selección de puntos utiliza la serie de puntos definidos por un vector homogéneo (por ejemplo, el vector 510 de proyección) en la FIG. 5B desde un punto designado en la imagen 116 izquierda junto con datos de calibración intrínsecos y datos de calibración estereoscópica para la cámara 108 izquierda y la cámara 110 derecha para definir un intervalo de posibles puntos coincidentes en la imagen 118 derecha. Como se ha descrito anteriormente, los datos de calibración intrínseca comprenden distancias focales, puntos principales y distorsiones de lente para la cámara 108 izquierda y la cámara 110 derecha y los datos de calibración estereoscópica incluyen la traducción y rotación relativa de la cámara 108 izquierda y la cámara 110 derecha.

15 De acuerdo con otro aspecto, el módulo 324 de selección de puntos genera una línea 441 de selección, tal como se representa en la Fig. 4D, en la imagen 118 derecha cuando se muestra en la ventana 430 activa. La línea 441 de selección corresponde al intervalo de puntos posibles en la imagen 118 derecha que corresponde al punto designado en la imagen 116 izquierda.

20 De acuerdo con otro aspecto, el módulo 324 de selección de puntos está configurado para identificar automáticamente un punto en la imagen 118 derecha que corresponde al punto designado por el usuario en la imagen 116 izquierda. Por ejemplo, además de generar una línea 441 de selección en la imagen 118 derecha, el módulo 324 de selección de puntos utiliza un algoritmo de reconocimiento de patrones para identificar un punto a lo largo de la línea 441 de selección que corresponde al punto designado por el usuario 102 en la imagen 116 izquierda. Por ejemplo, el módulo 324 de selección de puntos determina el valor de cada píxel adyacente al punto seleccionado por el usuario 102 en la imagen 116 izquierda.

30 Las imágenes digitales están compuestas por píxeles, y cada píxel tiene un valor que representa un valor de escala de grises o de color. En imágenes en escala de grises, el valor de píxel es un número único que representa el brillo del píxel. El formato de píxel más común es la imagen de byte, donde este número se almacena como un entero de 8 bits que da un rango de valores posibles de 0 a 255. Típicamente, un valor de píxel de cero se toma negro y un valor de píxel de 255 se considera blanco. Los valores intermedios forman los diferentes tonos de gris. En las imágenes en color, deben especificarse componentes separados rojo, verde y azul para cada píxel (suponiendo un espacio de colores RGB). En otras palabras, el valor de píxel es en realidad un vector de tres números. Los tres componentes diferentes se pueden almacenar como tres imágenes en escala de grises separadas conocidas como planos de color (uno para cada uno de rojo, verde y azul), que se pueden recombinar al mostrar o procesar.

35 El módulo 324 de selección de puntos compara entonces los valores determinados de los píxeles adyacentes al punto seleccionado por el usuario en la imagen 116 izquierda para identificar un punto particular que tiene píxeles adyacentes con valores coincidentes a lo largo de la línea 441 de selección en la imagen 118 derecha. El módulo 320 de interfaz de usuario muestra la otra marca 440 de precisión en la posición en la imagen 118 derecha que corresponde al mismo punto designado en la imagen 116 izquierda.

40 El usuario 102 repite el proceso de selección de puntos para definir un segundo punto de medición en cada una de las imágenes 116, 118 derecha e izquierda. Por ejemplo, el usuario 102 selecciona la ventana 426 de imagen izquierda para mostrar la imagen 116 izquierda en la ventana 430 activa y luego usa el dispositivo 136 de entrada para realizar operaciones de panoramización y/o zoom para localizar un segundo punto de medición deseado en la imagen 116 izquierda. Después de que el usuario visualice visualmente el segundo punto de medición, el usuario 102 utiliza el dispositivo 136 de entrada para designar la ubicación del segundo punto en la imagen 116 izquierda como se ha descrito anteriormente en referencia al primer punto de medición. En respuesta a la designación del segundo punto del usuario, el módulo 320 de interfaz de usuario muestra una marca 442 de precisión en la posición designada en la imagen 116 izquierda.

50 El usuario 102 interactúa entonces con la forma 322 de gestión de imágenes para designar los mismos segundos puntos de medición en la imagen 118 derecha. Por ejemplo, el usuario 102 selecciona la ventana 428 de imagen derecha para mostrar la imagen 118 derecha en la ventana 430 activa. El usuario 102 utiliza el dispositivo 136 de

entrada para designar la ubicación de los mismos segundos puntos de medición en la imagen 118 derecha.

Alternativamente, el usuario usa el dispositivo 136 de entrada para designar la ubicación de los mismos segundos puntos de medición en la imagen 118 derecha a lo largo de otra línea de selección (no mostrada) generada en la imagen 118 derecha. La otra línea de selección es generada por el módulo 324 de selección de puntos y corresponde al intervalo de puntos posibles en la imagen 118 derecha que corresponde al segundo punto de medición. En otro aspecto, el usuario 102 se basa en el módulo 324 de selección de puntos para localizar automáticamente el mismo segundo punto de medición en la imagen 118 derecha. El módulo 320 de interfaz de usuario muestra una marca de precisión 444 en la ubicación en la imagen 118 derecha que corresponde al mismo punto designado en la imagen 116 izquierda.

Un módulo 326 de punto estereoscópico utiliza triangulación para definir un punto estereoscópico en el sistema de coordenadas tridimensional virtual del dispositivo 106 de captura de imágenes con base en los puntos comunes designados tanto en la imagen 116 izquierda como en la imagen 118 derecha del par de imágenes 310 estereoscópicas. En otras palabras, se conoce un punto estereoscópico o posición tridimensional de un punto designado se puede reconstruir a partir de las proyecciones en perspectiva de ese punto en los planos de imagen de las cámaras 108, 110 izquierda y derecha una vez que la posición relativa y la orientación de las dos cámaras. El punto estereoscópico corresponde a los valores de coordenadas x, y, z del punto designado común en las imágenes 116, 118 izquierda y derecha determinadas a partir de la triangulación.

La FIG. 6A representa un modelo de triangulación epipolar para determinar la ubicación de un punto P₁ 602 en un sistema de coordenadas del dispositivo 106 de captura de imágenes. La cámara 108 izquierda y la cámara 110 derecha son, cada una, cámaras estenopeicas con ejes ópticos paralelos. Para fines de ilustración, supóngase que la cámara 108 izquierda y la cámara 110 derecha tienen cada una la misma longitud focal F 604. Además, supóngase que el centro de la cámara 108 izquierda está situado en X₁ 606 a lo largo del eje X y que el centro de la cámara 110 derecha está situado en X₂ 608 a lo largo del eje X. La distancia (D) 610 entre los centros de cada lente (es decir, el centro de los orificios) es igual a la diferencia entre X₁ 606 y X₂ 608. En este ejemplo, el eje óptico de cada cámara está en el plano XZ y el plano XY es paralelo al plano de imagen de ambas cámaras 108, 110 izquierda y derecha. Supóngase que el eje X es la línea de base y se sitúa el origen O del sistema de coordenadas (X, Y, Z) del dispositivo 106 de captura de imágenes en el centro de la lente (por ejemplo, cámara estenopeica) de la cámara 108 izquierda. Las coordenadas tridimensionales del punto P₁ 602 pueden determinarse a partir de los siguientes algoritmos:

Se define un factor de escala como:

$$S = D / |x_1 - x_2| \quad (3).$$

Entonces, las coordenadas X, Y, Z pueden determinarse de la siguiente manera:

$$Z = f * S \quad (4);$$

$$X = x_1 * S \quad (5);$$

y

$$Y = y_1 * S = y_2 * S \quad (6).$$

La FIG. 6B representa otro modelo de triangulación epipolar para determinar la ubicación de un punto P₁ 602 en un sistema de coordenadas del dispositivo 106 de captura de imágenes. La cámara 108 izquierda y la cámara 110 derecha son cada una de las cámaras estenopeicas anguladas con sus ejes ópticos encajados uno hacia el otro. Para fines de ilustración supóngase que la cámara 108 izquierda y la cámara 110 derecha tienen cada una la misma longitud focal F 604. La distancia entre los orígenes del modelo de cámara estenopeica de cada cámara está representada por el vector de traslación t. Cualquier rotación, incluida la convergencia de los ejes ópticos, puede ser representada por una matriz de rotación R. Una asignación de los sistemas de coordenadas de cámara izquierda y derecha enlazarán los vectores de proyección que representan el punto P₁ en un sistema de coordenadas global. Una de estas cartografías es la matriz esencial E, resultante del producto de la matriz asimétrica asimétrica del vector t, como se indica por el carácter 612 de referencia, y la matriz de rotación R, como se indica por el carácter 614 de referencia. Los vectores de proyección x₁ y x₂ son relacionados ahora en un único marco de coordenadas como:

$$x_1 * E * x_2 = 0 \quad (7).$$

Las coordenadas (X, Y y Z) del punto P1 se derivan de la triangulación simple de estos vectores de proyección dentro de la trama de coordenadas combinada.

5 Un módulo 328 de medición cruzada calcula la distancia entre dos o más puntos estereoscópicos definidos por el módulo 326 de punto estereoscópico. En un ejemplo, el módulo 328 de medición cruzada calcula la distancia entre dos o más puntos estereoscópicos en respuesta a que un usuario seleccione un control 446 de Medición, tal como se muestra en la FIG. 4E. El módulo UI 320 muestra la distancia calculada en una tabla 448 de medición.

10 Un módulo 330 compuesto está configurado para combinar o pegar dos pares de imágenes 310 estereoscópicas en un par de imágenes 332 estereoscópicas compuestas. El par de imágenes 332 estereoscópicas compuestas comprende dos pares de imágenes 310 estereoscópicas en las que hay cierto solapamiento entre las imágenes 116, 118 derecha e izquierda incluidos en cada uno de los dos pares de imágenes 310 estereoscópicas. Mediante la combinación de dos pares de imágenes 310 estereoscópicas, pueden obtenerse mediciones entre un primer punto en las imágenes 116, 118 izquierda y derecha de una primera imagen de par de imágenes estereoscópicas y un segundo punto en las imágenes 116, 118 izquierda y derecha de un segundo par de imágenes estereoscópicas. En particular, se puede obtener una medición entre las porciones no solapadas de las imágenes 116, 118 derecha e izquierda incluidas en los dos pares de imágenes 310 estereoscópicas.

20 De acuerdo con un aspecto, el usuario 102 define puntos compuestos en cada uno de los dos pares de imágenes 310 estereoscópicas y superpone los dos pares de imágenes 310 estereoscópicas basados en los puntos compuestos para crear el par de imágenes 332 estereoscópicas compuestas. Por ejemplo, los usuarios usan Las técnicas de selección de puntos descritas anteriormente para seleccionar los mismos tres puntos de referencia no colineales e identificables de forma única en ambos pares de imágenes 310 estereoscópicas. El módulo 330 compuesto se superpone a los dos pares de imágenes 310 estereoscópicas de tal manera que los tres pares de imágenes no colineales y únicos identificables coinciden para crear el par de imágenes 332 estereoscópicas compuestas en respuesta al usuario 102 que selecciona un control 450 compuesto de creación, tal como se muestra en la FIG. 4A. El par de imágenes 332 estereoscópicas compuestas comprende una imagen izquierda compuesta y una imagen derecha compuesta. El módulo 330 compuesto almacena entonces el par de imágenes 332 estereoscópicas compuestas en la memoria 138.

30 Las Figs. 7A-7C representan un proceso de superposición para crear un par de imágenes 332 estereoscópicas compuestas basado en dos imágenes estereoscópicas de un vehículo 702. Aunque el proceso de superposición implica combinar imágenes tanto de izquierda como de derecha de dos pares estereoscópicos, a efectos ilustrativos se describe el proceso de superposición en referencia a la combinación de las imágenes 116 izquierdas de dos pares 310 estereoscópicos. La FIG. 7A representa una primera imagen 704 izquierda de un primer par de imágenes estereoscópicas que corresponde a una sección frontal del vehículo 702.

35 La FIG. 7B representa una segunda imagen 706 izquierda de un segundo par de imágenes 310 estereoscópicas que corresponde a la sección media del vehículo 702. Como se ha descrito anteriormente, el usuario 102 utiliza las técnicas de selección de puntos descritas anteriormente para seleccionar las mismas tres líneas no colineales y puntos de referencia identificables de forma única en la primera y segunda imágenes de la izquierda. En este ejemplo, los puntos 708, 710, 712 de referencia se seleccionan tanto en la primera como en la segunda imágenes 704, 706 izquierdas.

40 La FIG. 7C representa una superposición del primer par de imágenes izquierda 704 y de la segunda imagen 706 izquierda de manera que los puntos 708, 710, 712 de referencia coinciden para crear una imagen 714 izquierda compuesta. Como se muestra en la FIG. 7D, se puede seleccionar un primer punto 716 de medición en la sección delantera del vehículo 702 y se puede seleccionar un segundo punto 718 de medición en la sección media del vehículo 702 a través de la imagen 714 izquierda compuesta.

45 En particular, se utiliza un mismo proceso de superposición para crear una imagen compuesta derecha con base en una primera imagen derecha del primer par de imágenes estereoscópicas de la segunda imagen derecha del segundo par de imágenes estereoscópicas.

De acuerdo con otro aspecto, el usuario 102 interactúa con la forma 322 de gestión de imágenes para añadir el par de imágenes 332 estereoscópicas compuestas a un proyecto existente. Por ejemplo, el usuario 102 utiliza el dispositivo 136 de entrada para seleccionar, por ejemplo, el control 420 de adición (véase la figura 4C) para añadir el par de imágenes 332 estereoscópicas compuestas al proyecto existente.

50 De acuerdo con otro aspecto, el usuario 102 interactúa con la forma 322 de gestión de imágenes para seleccionar un par de imágenes 332 estereoscópicas compuestas para mostrar las imágenes izquierdas y las imágenes 116, 118 derechas de cada par 310 estereoscópico incluido en el par de imágenes 332 estereoscópicas compuestas. En un ejemplo, el usuario 102 selecciona un par de imágenes 332 estereoscópicas compuestas para verlo utilizando el

dispositivo 136 de entrada para habilitar o seleccionar una casilla de verificación (no mostrada) adyacente a un par de imágenes 332 estereoscópicas compuestas deseado. El módulo 320 UI despliega imágenes desde las imágenes 116, 118 izquierda y derecha para cada una de las imágenes estereoscópicas en las ventanas 452-458 de imágenes en respuesta al usuario que selecciona el par de imágenes 332 estereoscópicas compuestas.

5 De acuerdo con otro aspecto, el usuario 102 utiliza el dispositivo 136 de entrada para seleccionar una de las ventanas 452-458 de imágenes para mostrar la imagen correspondiente en la ventana 430 activa.

10 Haciendo referencia de nuevo a la FIG. 3A, la aplicación 302 de medición está configurada para recuperar información de una base 334 de datos de medición que comprende datos 336 de punto estereoscópico para puntos definidos específicos en uno o más objetos 104. En un ejemplo, la base de datos 334 de medición comprende datos 336 de punto estereoscópico para puntos estereoscópicos definidos, o puntos estereoscópicos de referencia, a lo largo de una carrocería de vehículo para un tipo específico de vehículo cuando el cuerpo no está dañado.

15 Al comparar los datos de punto estereoscópico de la base 334 de datos de medición con los puntos estereoscópicos generados en base a los puntos designados por el usuario en imágenes estereoscópicas de un vehículo del mismo tipo con daños en el cuerpo, puede determinarse con precisión la cantidad de daño al vehículo determinado. Por ejemplo, la distancia entre un punto estereoscópico de referencia en un vehículo no dañado puede compararse con puntos estereoscópicos definidos en función de los puntos designados por el usuario correspondiente en imágenes estereoscópicas de un vehículo dañado. La distancia entre el punto estereoscópico de referencia y uno o más puntos estereoscópicos definidos se puede medir para determinar la cantidad de daño al vehículo.

20 Como otro ejemplo, comparando datos 336 de punto estereoscópico de la base 334 de datos de medición con puntos estereoscópicos generados en base a puntos designados por el usuario en imágenes estereoscópicas de un vehículo no dañado, pueden identificarse desviaciones en el cuerpo del vehículo no dañado. Como resultado, el sistema 100 de medición puede utilizarse para verificar que se están fabricando productos, tales como vehículos, dentro de las tolerancias deseadas. Aunque la base 334 de datos de medición se representa como externa al sistema 120 de procesamiento, se contempla que la base de datos de medición 334 pueda estar situada en el sistema de procesamiento.

25 Un módulo 338 de simetría está configurado para determinar si hay desviaciones de simetría entre puntos seleccionados en un objeto. Según un aspecto, utilizando las técnicas descritas anteriormente, el usuario 102 abre un nuevo proyecto o un proyecto existente que comprende al menos dos pares de imágenes estereoscópicas que muestran lados opuestos de un objeto. El usuario 102 utiliza entonces las técnicas de selección de puntos descritas anteriormente para definir un conjunto de puntos estereoscópicos en cada lado opuesto del objeto 104.

30 Por ejemplo, si el objeto 104 es un vehículo, el usuario 102 selecciona un conjunto de puntos (por ejemplo, primer y segundo puntos) en un primer par de imágenes 310 estereoscópicas que comprende imágenes 116, 118 izquierda y derecha de un lado de pasajero de el vehículo. El usuario 102 selecciona entonces otro conjunto de puntos (por ejemplo, puntos primero y segundo) en un segundo par de imágenes 310 estereoscópicas que comprende imágenes 116, 118 izquierda y derecha de un lado conductor del vehículo. El usuario interactúa con la forma 322 de gestión de imágenes para definir detalles de puntos para un conjunto seleccionado de puntos. Por ejemplo, el usuario 102 utiliza el dispositivo 136 de entrada para seleccionar, por ejemplo, un control 462 de detalle de punto para mostrar una tabla 464 de detalle de punto, tal como se representa en la FIG. 4F. El usuario 102 designa entonces un conjunto de puntos como un conjunto de referencia utilizando el dispositivo 136 de entrada para habilitar un control 466 adyacente de la casilla de verificación.

35 Según un aspecto, el módulo 338 de simetría está configurado para definir un plano 350 de referencia central basado en el conjunto de referencia designado en respuesta al usuario que selecciona un control 468 de simetría, tal como se representa en la Fig. 4C. Como ejemplo, la FIG. 3E representa una vista desde arriba de un vehículo que tiene un primer punto y un segundo punto 354 seleccionado en el lado 356 del pasajero un primer punto 358 correspondiente y un segundo punto 360 correspondiente seleccionado en un lado 362 del conductor. Asumiendo que el usuario designa el primer punto 352 y el segundo punto 354 seleccionado en el lado 356 de pasajero como el conjunto de referencia, el módulo 338 de simetría define el plano 350 de referencia central entre el primer punto 352 y el segundo punto 354.

40 De acuerdo con un aspecto, las desviaciones de simetría se determinan y se muestran como valores de desviación a través de la forma de gestión de imágenes. En un ejemplo, los valores de desviación determinados se muestran como dos valores, uno para la distancia desde el plano central (Y) y uno para los valores X y Z combinados.

45 La figura 3F representa un modelo geométrico para determinar la simetría entre un primer conjunto de puntos en un primer lado de un objeto y un segundo conjunto de puntos en un segundo lado. A modo de ilustración, el modelo geométrico se describirá con referencia al ejemplo mostrado en la Fig. 3E. Se define un vector 362 entre el primer y segundo puntos 352, 354 y un punto medio 364 del vector 362. El plano 350 de referencia central se define como el plano que pasa por el punto medio 364 y que es perpendicular al vector 362. El punto medio 364 también se define

como el origen de un sistema de coordenadas X, Y, Z.

Se determina la distancia X_{11} desde el primer punto 352 hasta un punto perpendicular en el plano 350 de referencia y se determina la distancia X_{12} desde el segundo punto 354 hasta el punto perpendicular en el plano 350 de referencia. Se determina la distancia X_{21} desde el primer punto 358 correspondiente a un punto perpendicular en el plano 350 de referencia y se determina la distancia X_{22} desde el segundo punto 360 correspondiente al punto perpendicular en el plano 350 de referencia. Las distancias correspondientes se comparan para determinar los valores de desviación de simetría. Por ejemplo, la distancia X_{11} se compara con la distancia X_{21} . Según un aspecto, la aplicación 130 de medición define la diferencia de distancias como el error de desviación X. Si ninguno de los puntos es un punto de referencia, la aplicación 130 de medición divide el error de desviación X. Si al menos un punto es un punto de referencia, la aplicación 130 de medición asigna el error de desviación X al punto de no referencia.

De acuerdo con otro aspecto, la aplicación 130 de medición determina los puntos en los que el primer punto 352 y el segundo punto 354 sobresalen en el plano 350 de referencia y determina los puntos en los que el primer punto 358 correspondiente y el segundo punto 360 se proyectan en el plano 350 de referencia. La aplicación 130 de medición determina un error YZ combinado del primer y segundo puntos 352, 354 en función de la distancia entre los puntos proyectados desde el lado 356 del pasajero. De manera similar, la aplicación 130 de medición determina el error YZ combinado de los correspondientes primer y segundo puntos 358, 360 en función de la distancia entre los puntos proyectados desde el lado 362 del conductor. Si ninguno de los puntos es un punto de referencia, la aplicación 130 de medición divide el error YZ. De lo contrario, la aplicación 130 de medición asigna el error YZ al punto de no referencia.

De acuerdo con otro aspecto, un módulo 340 de notificación crea informes personalizados. En un ejemplo, los informes incluyen los resultados de los cálculos de mediciones cruzadas con base en los puntos designados por el usuario. Los resultados pueden visualizarse en un formato tabular en la forma 334 de gestión de imágenes. En otro ejemplo, los informes comprenden desviaciones de simetría o mediciones comparativas con base en datos de puntos estereoscópicos recuperados de la base de datos 330 de medición. En otro ejemplo, las imágenes y/o diagramas se incorporan a los informes. Por ejemplo, si el objeto 104 que se analiza es un vehículo, los informes pueden incluir imágenes o diagramas 470 del vehículo con puntos de medición identificados y etiquetados, tal como se representa en la FIG. 4E. En particular, los informes pueden generarse para su visualización y, opcionalmente, pueden imprimirse y/o guardarse en el disco.

De acuerdo con otra realización, la aplicación 130 de medición se ejecuta en un ordenador servidor, y los informes y/o datos de imágenes pueden comunicarse a ordenadores remotos, tales como ordenadores personales, ordenadores portátiles, asistentes digitales personales y cualquier otro dispositivo informático mediante una red de comunicación, tal como Internet, una Intranet, o cualquier otra red de comunicación adecuada.

El medio 370 legible por ordenador puede incluir medios volátiles, medios no volátiles, medios removibles y medios no removibles, también puede ser cualquier medio disponible al que pueda acceder el dispositivo informático de propósito general. A modo de ejemplo y no de limitación, el medio 370 legible por ordenador puede incluir medios de almacenamiento informático y medios de comunicación. Los medios de almacenamiento informático pueden incluir además medios volátiles, no volátiles, extraíbles y no removibles implementados en cualquier método o tecnología para el almacenamiento de información tal como instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programa u otros datos. Los medios de comunicación típicamente pueden incorporar instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programa u otros datos en una señal de datos modulada, tal como una onda portadora u otro mecanismo de transporte e incluyen cualquier medio de suministro de información. Los expertos en la técnica estarán familiarizados con la señal de datos modulada, que puede tener una o más de las características establecidas o cambiadas de tal manera que permita que la información sea codificada en la señal. Los medios de comunicación cableados, tales como una red cableada o una conexión directa por cable, y medios inalámbricos, tales como medios acústicos, de radiofrecuencia, infrarrojos y otros medios inalámbricos contemplados por el sistema 100 de medición estereoscópica, son ejemplos de medios de comunicación discutidos anteriormente. También se incluyen combinaciones de cualquiera de los medios anteriores dentro del alcance de los medios legibles por ordenador discutidos anteriormente.

La FIG. 8 ilustra un método de adquisición de imágenes estereoscópicas de acuerdo con un aspecto del sistema de medición. En 802, el dispositivo 106 de captura de imagen captura la imagen 116 izquierda y la imagen 118 derecha del objeto 104 a través de la cámara 108 izquierda y la cámara 110 derecha, respectivamente. Se establece un enlace de comunicación entre el sistema 120 de procesamiento y el dispositivo 106 de captura de imagen en 804. Como se ha descrito anteriormente, el enlace de comunicación puede establecerse a través de una conexión 128 por cable o la combinación de un transmisor 124 inalámbrico y un receptor 126 inalámbrico.

En 806, la aplicación 130 de medición se ejecuta en respuesta al enlace de comunicación establecido entre el sistema 120 de procesamiento y el dispositivo 106 de captura de imágenes. La aplicación 130 de medición recupera las imágenes 116, 118 izquierda y derecha y descarga datos intrínsecos de las cámaras izquierda y derecha en 808. En 810, la aplicación 130 de medición empareja la imagen 116 izquierda y la imagen 118 derecha para crear el par de imágenes 310 estereoscópicas. La aplicación 130 de medición almacena el par de imágenes 310 estereoscópicas y los

correspondientes datos 312 del historial de descarga en la memoria 138 en 812. Como se ha descrito anteriormente, los datos 312 de historial de descarga comprenden, por ejemplo, una hora y una fecha en que la imagen 116 izquierda y la imagen 118 derecha del par de imágenes 310 estereoscópicas se transfirieron desde el dispositivo 106 de captura de imágenes al sistema 120 de procesamiento.

5 La FIG. 9 ilustra un método de medición de puntos dentro de un par de imágenes 310 estereoscópicas de acuerdo con un aspecto del sistema 100 de medición. En 902, la aplicación 130 de medición muestra una forma 322 de gestión de imágenes en la pantalla 134 que permite al usuario seleccionar un par de imágenes 310 estereoscópicas para visión. La imagen 116 izquierda y la imagen 118 derecha del par de imágenes 310 estereoscópicas seleccionadas en la ventana 426 de imagen izquierda y la ventana 428 de imagen derecha en 904. En 906, la imagen 116 izquierda o la imagen 118 derecha se muestra en la ventana 430 activa en respuesta al usuario 102 que selecciona la ventana 426 de imagen izquierda o la ventana 428 de imagen derecha. Como se ha descrito anteriormente, el usuario 102 utiliza el dispositivo 136 de entrada para seleccionar la ventana 426 de imagen izquierda para mostrar la imagen 116 izquierda en la ventana 430 activa o seleccionar la ventana 428 de imagen derecha para visualizar la imagen 118 derecha en la ventana 430 activa.

15 En 908, el usuario 102 interactúa con la forma 322 de gestión de imágenes para designar dos puntos de medición dentro de una primera imagen del par de imágenes estereoscópicas que se muestra en la ventana 430 activa. Por ejemplo, después de que el usuario 102 localice visualmente la imagen deseada, el usuario 102 posiciona un puntero del ratón sobre la posición deseada en la primera imagen y hace clic en el botón del ratón para designar dos puntos de medición en la primera imagen. Las marcas de precisión (por ejemplo, marcas 438, 442 de precisión) se muestran en las ubicaciones de la primera imagen mostrada en la ventana 430 activa donde el usuario designó el punto en 910.

20 Como opción, que no cae bajo la invención, en 912, el usuario 102 interactúa con la forma 322 de gestión de imágenes a través del dispositivo 136 de entrada para designar los mismos puntos de medición dentro de la segunda imagen del par de imágenes 310 estereoscópicas que se muestra en la ventana 430 activa. Opcionalmente en 914, la aplicación 130 de medición muestra una línea de selección que define un intervalo de posibles puntos de coincidencia en la segunda imagen 116 en base a cada uno de los puntos designados por el usuario en la primera imagen. En 916, el usuario 102 interactúa con la forma 322 de gestión de imágenes para designar los mismos puntos de medición a lo largo de las líneas de selección dentro de la segunda imagen del par de imágenes 310 estereoscópicas visualizado en la ventana 430 activa.

25 Como otra opción, que no cae bajo la invención, en la etapa 918, la aplicación 130 de medición identifica automáticamente puntos en la segunda imagen que corresponde a los puntos designados por el usuario en la primera imagen. Como se describe anteriormente, además de generar líneas 438 de selección en la segunda imagen 116, la aplicación de medición utiliza un algoritmo de reconocimiento de patrones para identificar un punto a lo largo de las líneas de selección que corresponden a los puntos designados por el usuario 102 en la primera imagen. En 920, se muestran marcas de precisión (por ejemplo, marcas 440, 444 de precisión) en ubicaciones en la segunda imagen que corresponden donde el usuario 102 designó puntos de medición en la segunda imagen en 912 o 916 o donde la aplicación 130 de medición identificó automáticamente los puntos de medición coincidentes en la segunda imagen en 918.

30 La FIG. 10 ilustra un método para calcular e informar mediciones entre puntos de medición designados de acuerdo con un aspecto del sistema 100 de medición. En 1002, la aplicación 130 de medición define un primer punto estereoscópico para el primer punto de medición designado en la imagen 116 izquierda y la imagen 118 derecha. La aplicación 130 de medición define un segundo punto estereoscópico para el segundo punto de medición designado en la imagen 116 izquierda y la imagen 118 derecha en 1004. Como se ha descrito anteriormente, cada punto estereoscópico corresponde a las coordenadas x, y, z del punto común designado en las imágenes 116, 118 izquierda y derecha como se determina a partir de la triangulación. La distancia entre los puntos de medición primero y segundo se calcula como función de los valores de coordenadas de los puntos estereoscópicos primero y segundo en la etapa 1006. En la etapa 1008, las distancias calculadas se muestran al usuario a través de la forma de gestión de imágenes. En la etapa 1010, los informes se generan en respuesta a la entrada recibida de un usuario a través de la forma de gestión de imágenes.

35 Cuando se introducen elementos de aspectos de la invención o sus realizaciones, los artículos "un", "una", "el" y "dicho" pretenden significar que hay uno o más de los elementos. Los términos "comprender", "incluir" y "tener" están destinados a ser inclusivos y significan que pueden existir elementos adicionales distintos de los elementos enumerados.

Reivindicaciones

1. Un sistema (100) que comprende módulos ejecutables con al menos un procesador para obtener mediciones de un objeto (104), comprendiendo el sistema (100):

5 una memoria (138) para almacenar una pluralidad de imágenes estereoscópicas, comprendiendo cada una primera y segunda imágenes (116, 118) de un objeto (104) particular; un módulo (320) de interfaz de usuario (UI) para generar una lista de la pluralidad de imágenes estereoscópicas para visualización, para generar imágenes (116, 118) primera y segunda correspondientes de una imagen estereoscópica particular seleccionada de la lista para visualización y para recibir:

10 una primera entrada de usuario que designa un primer punto (716) de medición en la primera imagen (116) correspondiente;

una segunda entrada de usuario que designa un segundo punto (718) de medición en la primera imagen (116) correspondiente;

una tercera entrada de usuario que designa el primer punto (716) de medición a lo largo de una línea (441) de asistencia de selección en la segunda imagen (118) correspondiente; y

15 una cuarta entrada de usuario que designa el segundo punto (718) de medición a lo largo de otra línea (441) de asistencia de selección en la segunda imagen (118) correspondiente;

20 un módulo (324) de selección de puntos para identificar un intervalo de puntos en la segunda imagen (118) correspondiente con base en el primer punto (716) de medición designado en la primera imagen (116) correspondiente, para generar la línea (441) de asistencia de selección en la segunda imagen (118) correspondiente con base en el intervalo de puntos, para identificar otro intervalo de puntos en la segunda imagen (118) correspondiente con base en el segundo punto (718) de medición designado en la primera imagen (116) correspondiente, y para generar la otra línea (441) de asistencia de selección en la segunda imagen (118) correspondiente con base en el otro intervalo de puntos;

25 un módulo (326) de punto estereoscópico para definir un primer punto estereoscópico que corresponde al primer punto (716) de medición designado en la primera y segunda imágenes (116, 118) correspondientes y para definir un segundo punto estereoscópico que corresponde al segundo punto (718) de medición designados en la primera y segunda imágenes correspondientes; y

un módulo (328) de medición cruzada para calcular una distancia entre el primer punto estereoscópico y el segundo punto estereoscópico;

30 en el que el módulo UI (320) está configurado para recibir una quinta entrada de usuario que designa un primer conjunto de puntos en un primer par de imágenes (310) estereoscópicas y una sexta entrada de usuario que designa un segundo conjunto de puntos en un segundo par de imágenes (310) estereoscópicas, en el que el primer par de imágenes (310) estereoscópicas comprende la primera y segunda imágenes (116, 118) de una porción del objeto (104) particular, y en el que el segundo par de imágenes (310) estereoscópicas comprende otras primera y segunda imágenes (116, 118) de una parte opuesta del objeto (104) particular, comprendiendo además el sistema (100) un módulo (338) de simetría configurado para:

35 definir un plano (350) de referencia central entre el primer conjunto de puntos en el primer par de imágenes (310) estereoscópicas y el segundo conjunto de puntos en la segunda imagen estereoscópica; y

40 calcular las desviaciones de simetría entre el primer conjunto de puntos y el segundo conjunto de puntos como una función del plano (350) de referencia central definido, y en el que el módulo (320) de interfaz de usuario está configurado para generar las desviaciones de simetría para visualización.

2. El sistema (100) de la reivindicación 1, en el que:

45 cada una de la pluralidad de imágenes estereoscópicas se recibe desde un dispositivo (106) de captura de imágenes que comprende una primera cámara (108) y una segunda cámara (110), y en el que la memoria (138) está configurada además para almacenar datos (312) de historial de descarga para cada una de la primera y segunda imágenes (116, 118) en la pluralidad de imágenes estereoscópicas, comprendiendo los datos (312) de historial de descarga metadatos y datos de calibración intrínsecos para la primera y segunda cámaras (308, 310) y una hora y fecha en que la primera y segunda imágenes (116, 118) de cada una de la pluralidad de imágenes estereoscópicas fueron recibidas desde el dispositivo (106) de captura de imágenes; y

comprendiendo además el sistema (100):

un módulo de procesamiento de imágenes para procesar cada una de la pluralidad de imágenes estereoscópicas para determinar si otra imagen estereoscópica particular comprende imágenes primera y segunda (116, 118) de un patrón (312) de calibración; y

5 un módulo de calibración estereoscópica para determinar datos (318) de calibración estereoscópica para el dispositivo (106) de captura de imágenes cuando la otra imagen estereoscópica particular comprende una primera y una segunda imágenes (116, 118) del patrón (312) de calibración, comprendiendo los datos (318) de calibración estereoscópica una información de localización para la primera cámara (108) con respecto a la segunda cámara (110) en un sistema (100) de coordenadas del dispositivo (106) de captura de imágenes, y en donde el módulo de calibración estereoscópica está configurado para almacenar los datos (318) de calibración estereoscópica en la memoria (138);

10 en el que el módulo de procesamiento de imágenes está configurado además para asociar los datos (318) de calibración estereoscópica con la imagen estereoscópica particular con base en los datos (312) de historial de descarga para la imagen estereoscópica particular cuando la imagen estereoscópica particular comprende imágenes primera y segunda (116, 118) que no son del patrón (312) de calibración.

15 3. El sistema (100) de la reivindicación 1, en el que el sistema (100) comprende además:

un módulo (340) de información para crear un informe personalizado que comprende la distancia calculada entre el primer punto estereoscópico y el segundo punto estereoscópico; y

20 una base (334) de datos de medición para almacenar datos de punto estereoscópico de referencia correspondientes a al menos un punto estereoscópico de referencia en cada uno de la pluralidad de objetos (104), en el que el módulo (340) de información está configurado además para crear un informe personalizado que comprende distancias calculadas seleccionadas de un grupo consistente en una primera distancia entre el primer punto estereoscópico y el segundo punto estereoscópico, una segunda distancia entre el primer punto estereoscópico y el punto estereoscópico de referencia y una tercera distancia entre el segundo punto estereoscópico y el punto estereoscópico de referencia.

25 4. Un método para obtener mediciones a partir de una imagen estereoscópica de un objeto (104) utilizando al menos un procesador, comprendiendo la imagen estereoscópica una primera y una segunda imágenes (116, 118) del objeto (104), comprendiendo el método:

mostrar la primera imagen (116) y la segunda imagen (118);

recibir una primera entrada de usuario que designa un primer punto (716) de medición en la primera imagen (116) y recibir una segunda entrada de usuario que designa un segundo punto (718) de medición en la primera imagen (116);

30 identificar un intervalo de puntos en la segunda imagen (118) con base en el primer punto (716) de medición e identificar otro intervalo de puntos en la segunda imagen (118) con base en el segundo punto de medición;

generar una línea (441) de asistencia de selección en la segunda imagen (118) con base en el intervalo de puntos y generar otra línea (441) de asistencia de selección en la segunda imagen (118) con base en el intervalo de puntos;

35 recibir una tercera entrada de usuario que designa el primer punto (716) de medición en la segunda imagen (118) a lo largo de la línea (441) de asistencia de selección y una cuarta entrada de usuario que designa el segundo punto (718) de medición en la segunda imagen (118) a lo largo de la otra línea de asistencia de selección;

definir un primer punto estereoscópico que corresponde al primer punto (716) de medición designado en la primera y segunda imágenes (116, 118) y definir un segundo punto estereoscópico que corresponde al segundo punto (718) de medición designado en la primera y segunda imágenes (116, 118);

40 calcular una distancia entre el primer punto estereoscópico y el segundo punto estereoscópico;

recibir una quinta entrada de usuario que designa un primer conjunto de puntos en un primer par de imágenes (310) estereoscópicas y una recepción de una sexta entrada de usuario que designa un segundo conjunto de puntos en un segundo par de imágenes (310) estereoscópicas, en el que el primer par de imágenes (310) estereoscópicas comprende la primera imagen (116) y la segunda imagen (118) de una parte del objeto (104), y en el que el segundo par de imágenes (310) estereoscópicas comprende otra primera imagen (116) y otra segunda imagen (118) de una parte opuesta del objeto (104);

definir un plano (350) de referencia central entre un primer conjunto de puntos en el primer par de imágenes (310)

estereoscópicas y el segundo conjunto de puntos en el segundo par de imágenes (310) estereoscópicas; y

calcular desviaciones de simetría entre cada uno de los primeros conjuntos de puntos y cada uno de los segundos conjuntos de puntos en función del plano (350) de referencia central definido.

5. El procedimiento de la reivindicación 4, que comprende además:

5 recibir la imagen estereoscópica desde un dispositivo (106) de captura de imágenes que comprende una primera cámara (108) y una segunda cámara (110), y

10 almacenar datos (312) de historial de descarga para la imagen estereoscópica en una memoria (138), incluyendo los datos (312) de historial de descarga metadatos y datos de calibración intrínsecos para cada una de las cámaras (308, 310) primera y segunda y una fecha y hora en las que la primera y segunda imágenes (116, 118) de la imagen estereoscópica fueron recibidas desde el dispositivo (106) de captura de imágenes;

en el que el intervalo de puntos se define como una función del primer punto (716) de medición designado en la primera imagen (116) y los datos de calibración intrínseca, y en el que el otro intervalo de puntos se define como una función del segundo punto (718) de medición designado en la primera imagen (116) y los datos de calibración intrínseca.

15 6. El método de la reivindicación 4, que comprende además mostrar la distancia entre el primer punto estereoscópico y el segundo punto estereoscópico.

7. El método de la reivindicación 4, que comprende además:

generar un informe personalizado que comprende la distancia calculada entre el primer punto estereoscópico y el segundo punto estereoscópico; y

20 almacenar datos (336) de punto estereoscópico de referencia correspondientes a al menos un punto estereoscópico de referencia en cada uno de una pluralidad de objetos (104) en una base (334) de datos de medición, y en el que el informe personalizado comprende distancias calculadas seleccionadas de un grupo consistente en una primera distancia entre el primer punto estereoscópico y el segundo punto estereoscópico, una segunda distancia entre el primer punto estereoscópico y el punto estereoscópico de referencia, y una tercera distancia entre el segundo punto estereoscópico y el punto estereoscópico de referencia.

25

FIG. 1

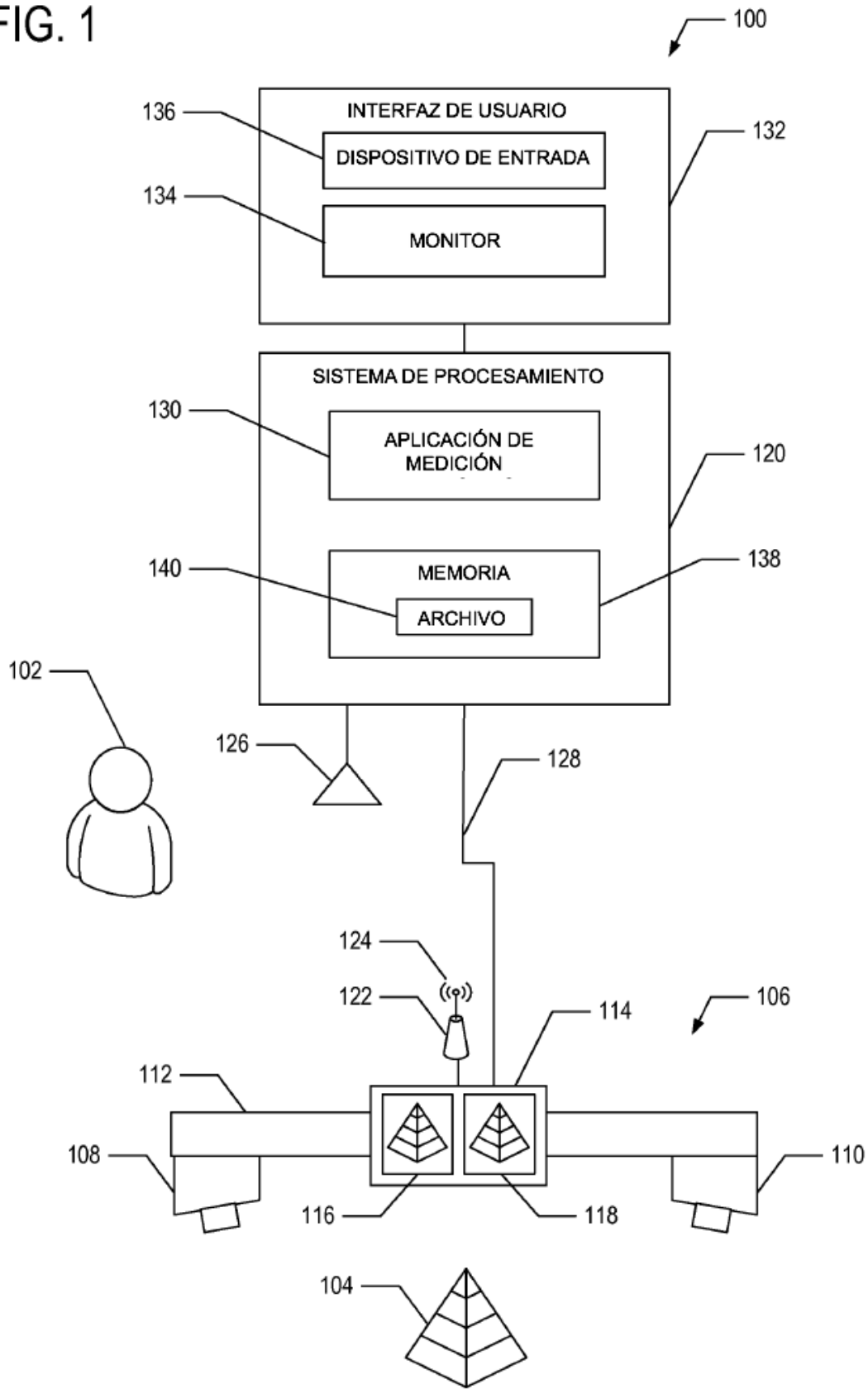


FIG. 3A

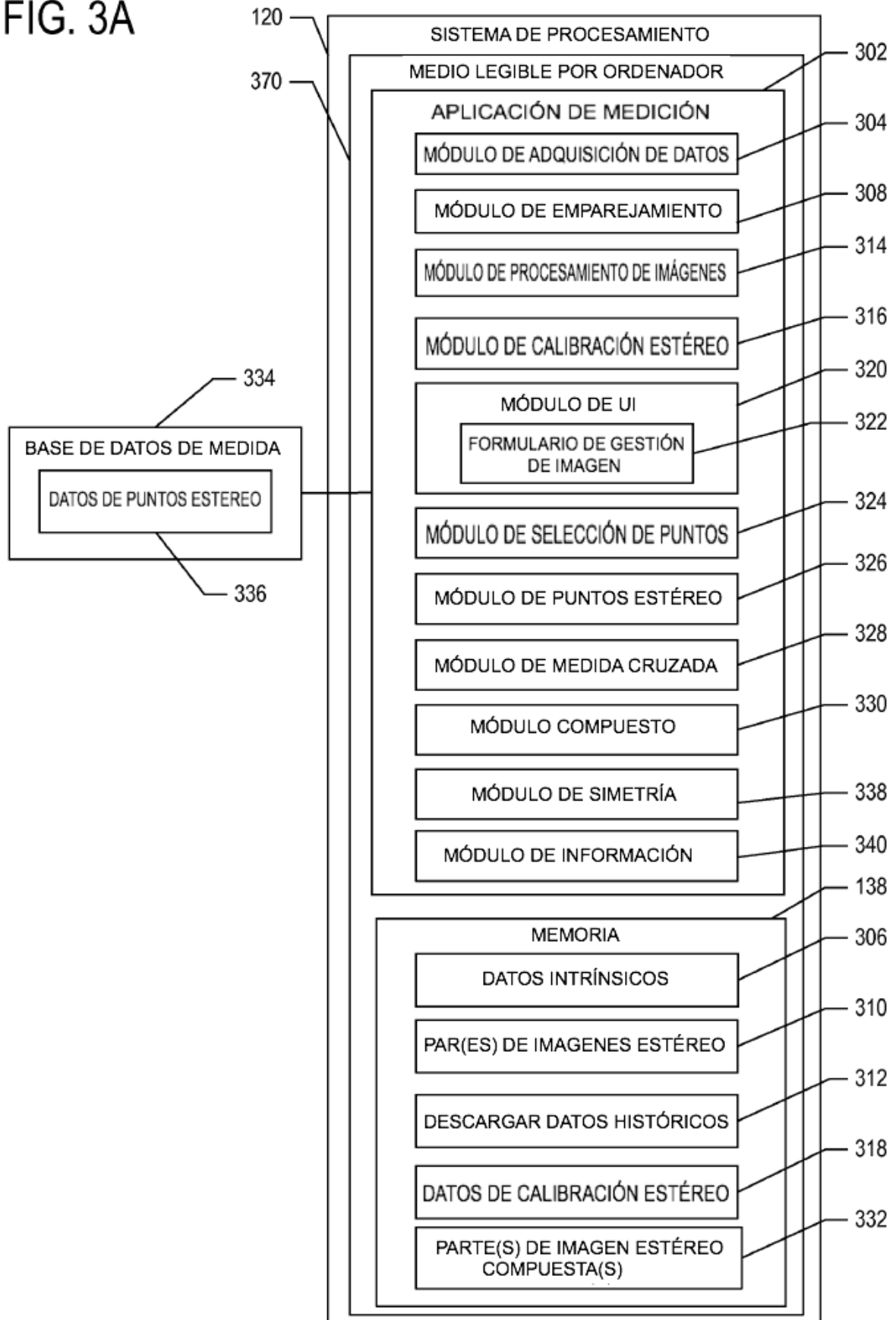


FIG. 3B

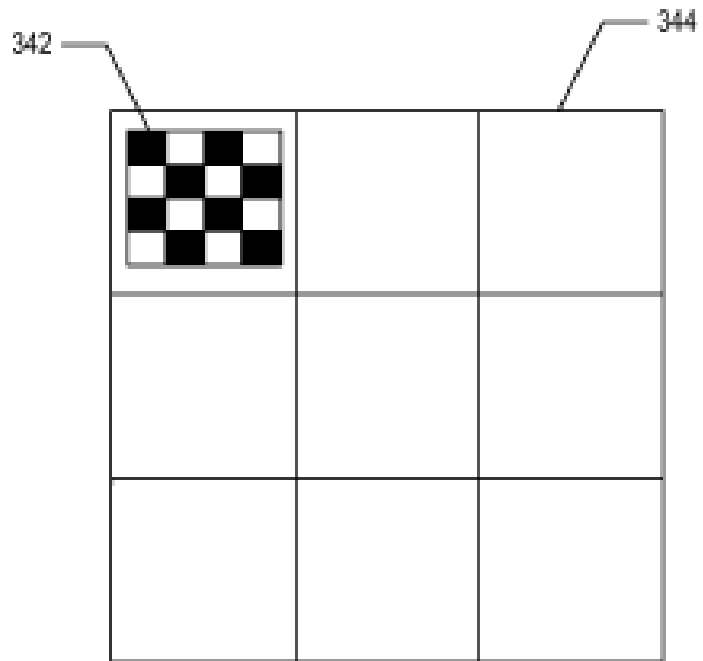


FIG. 3C

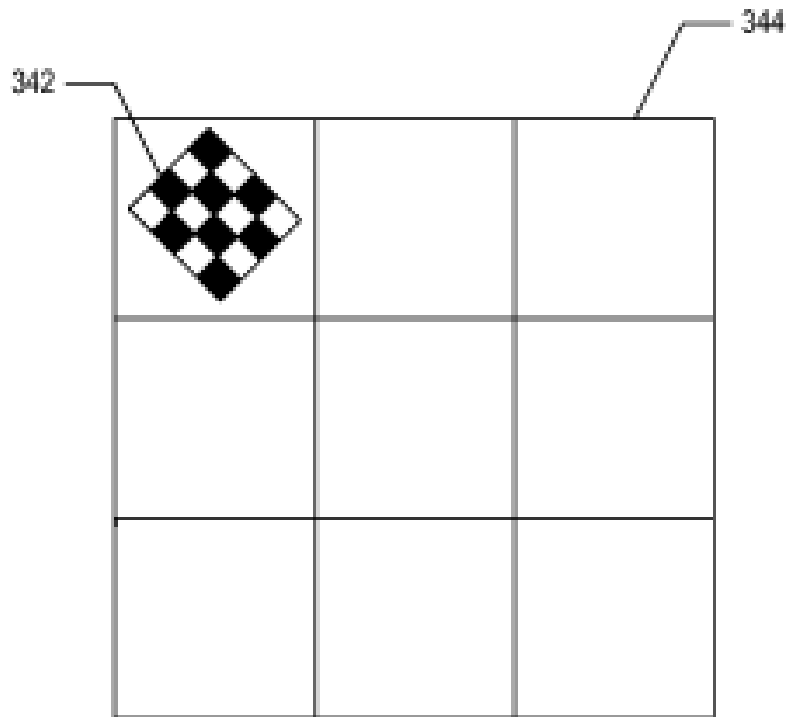


FIG. 3D

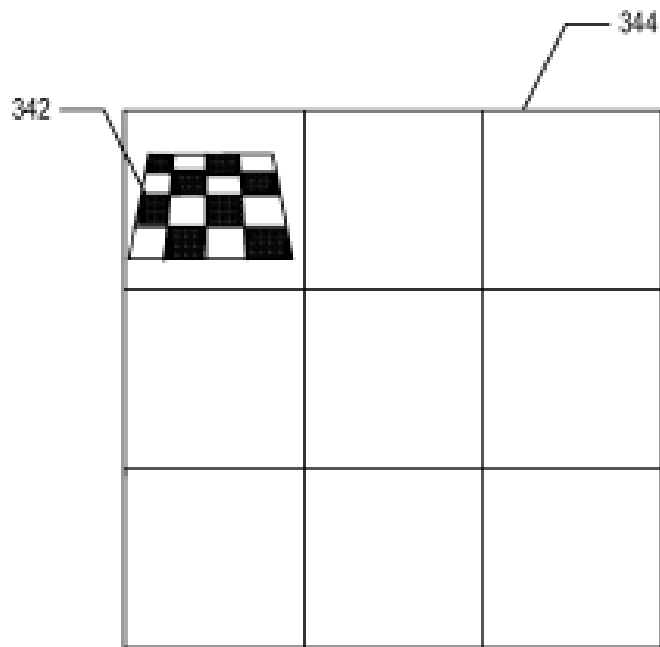


FIG. 3E

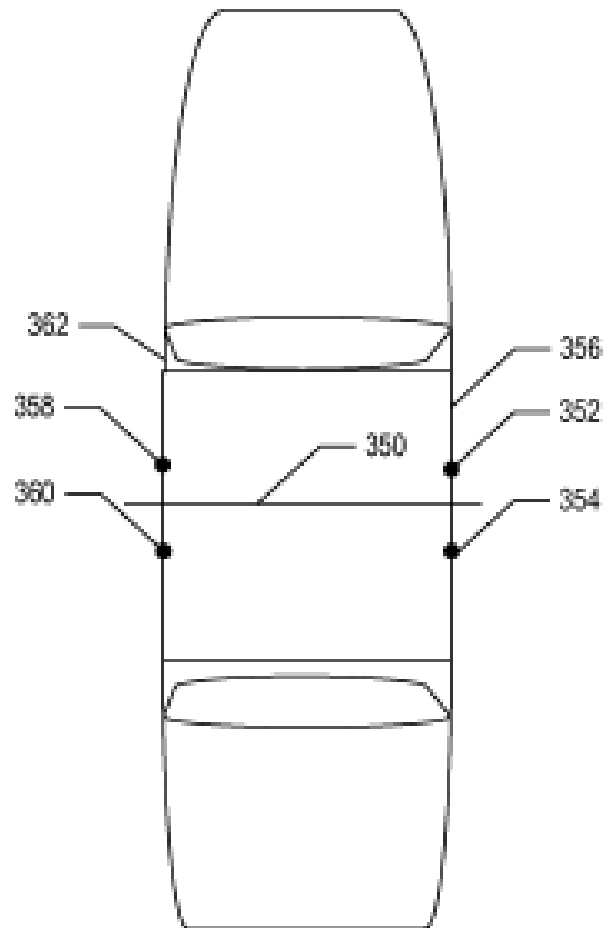


FIG. 3F

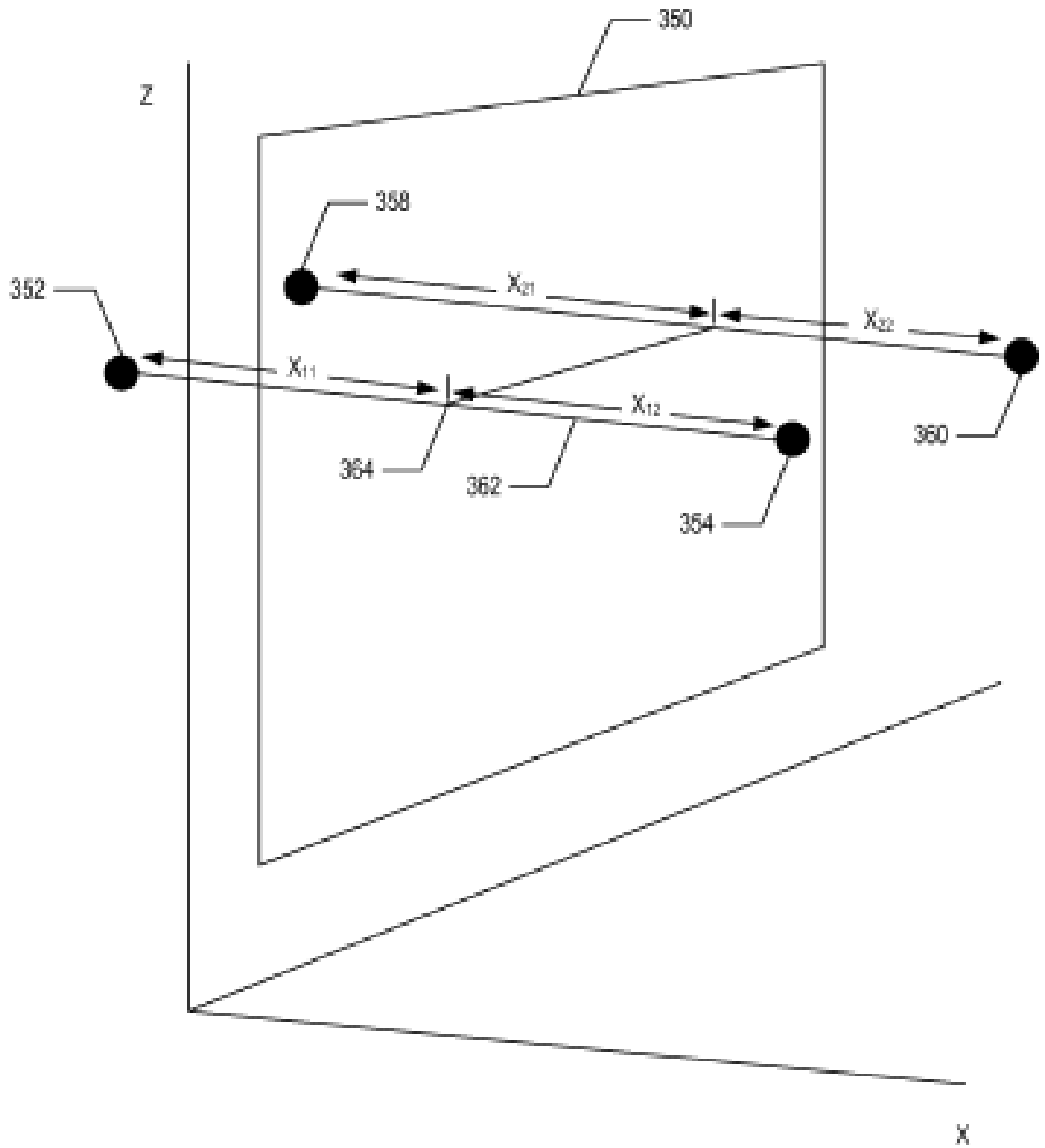
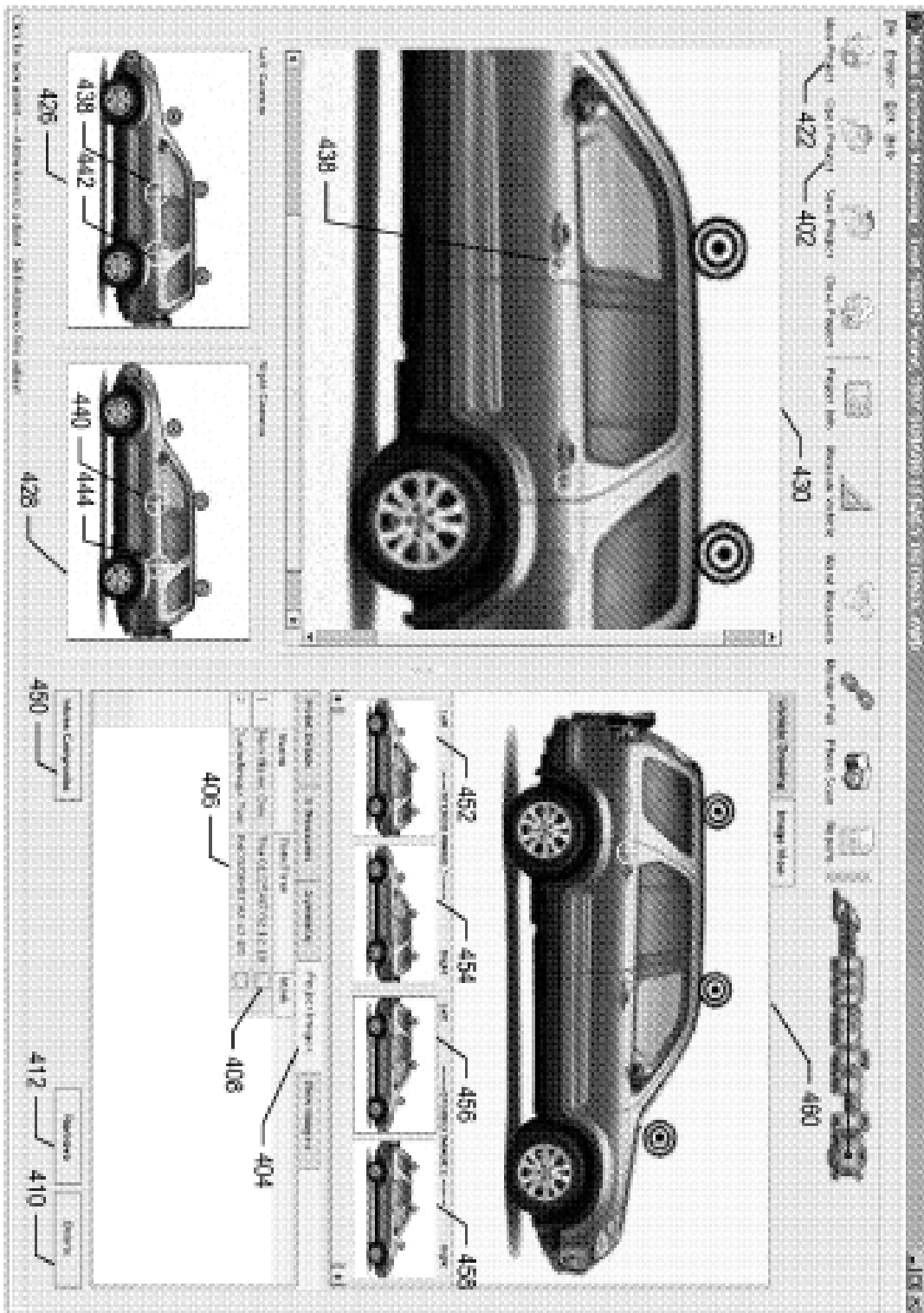
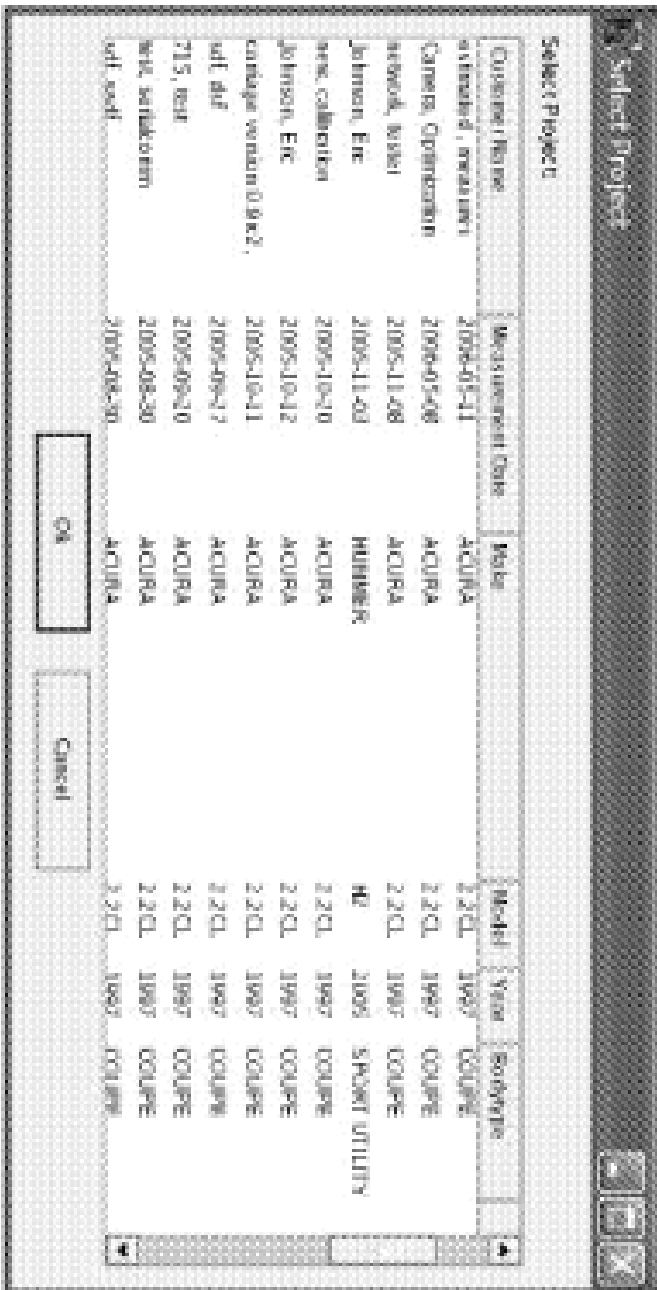


FIG. 4A



322

FIG. 4B



322

FIG. 4C

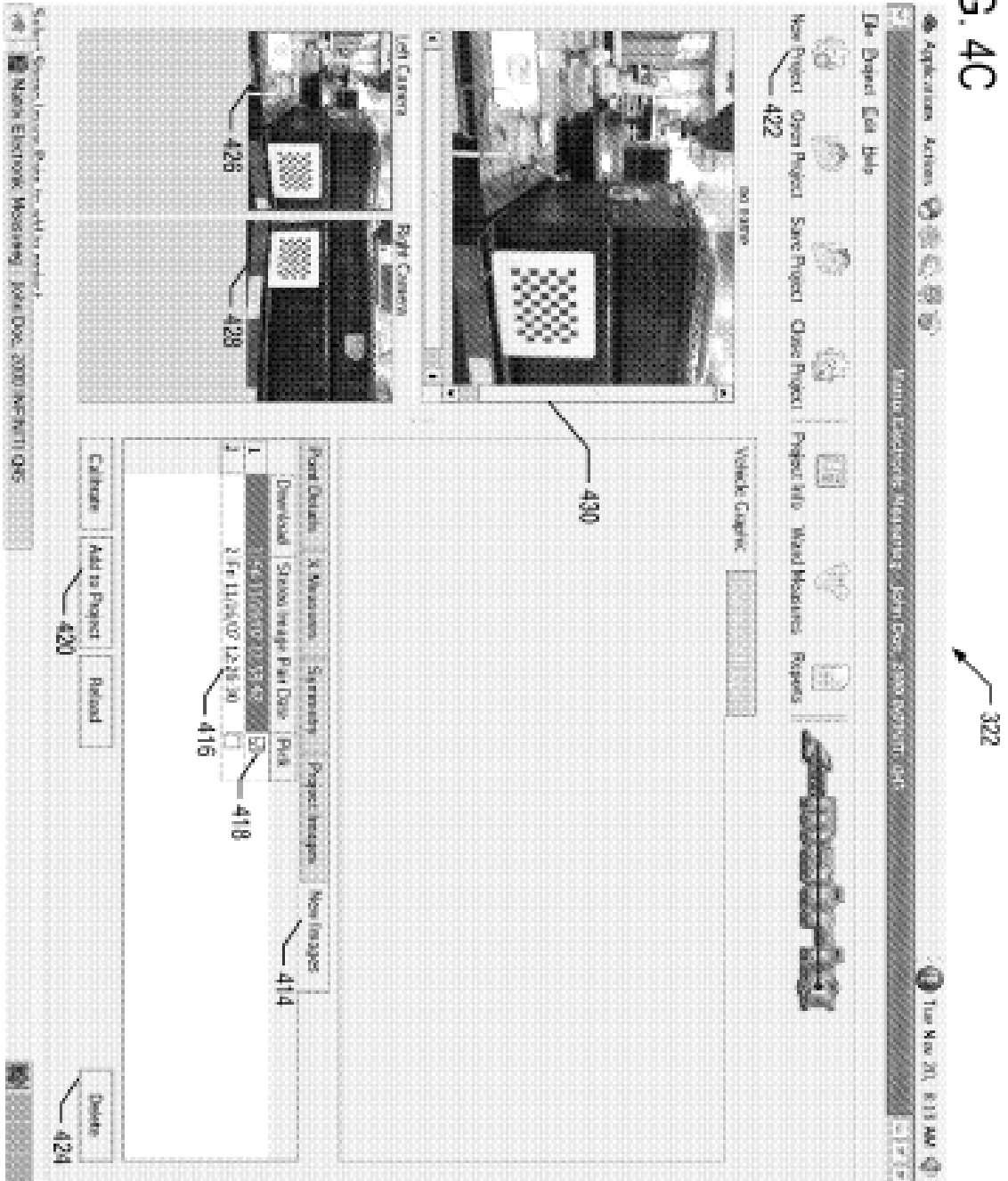


FIG. 4D

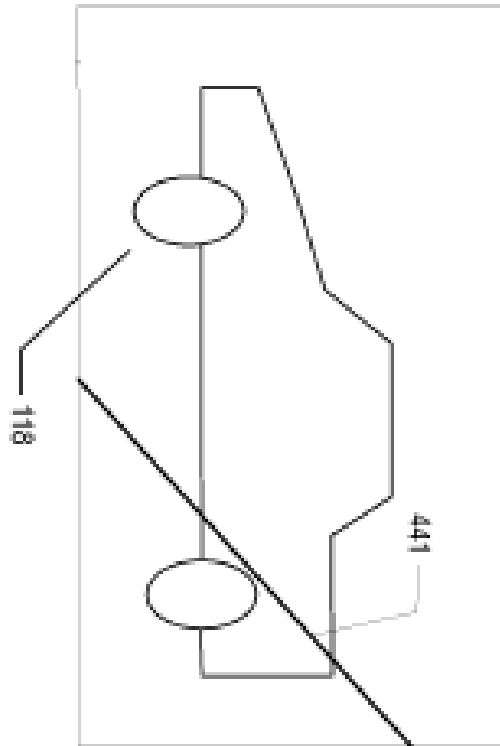
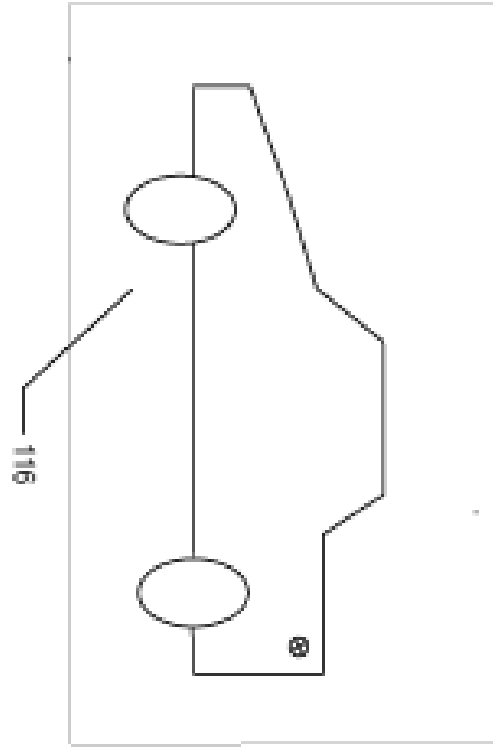


FIG. 4E

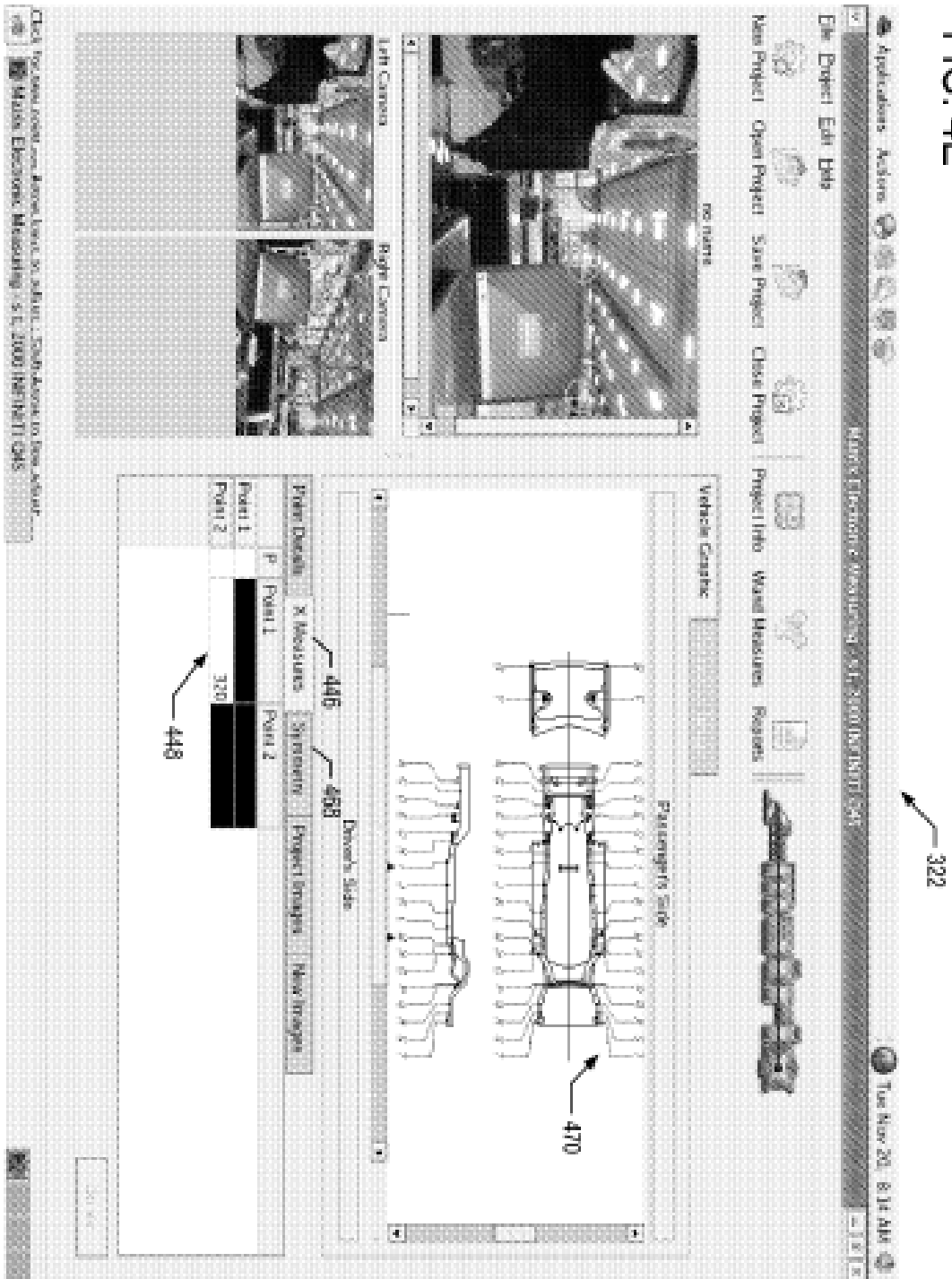
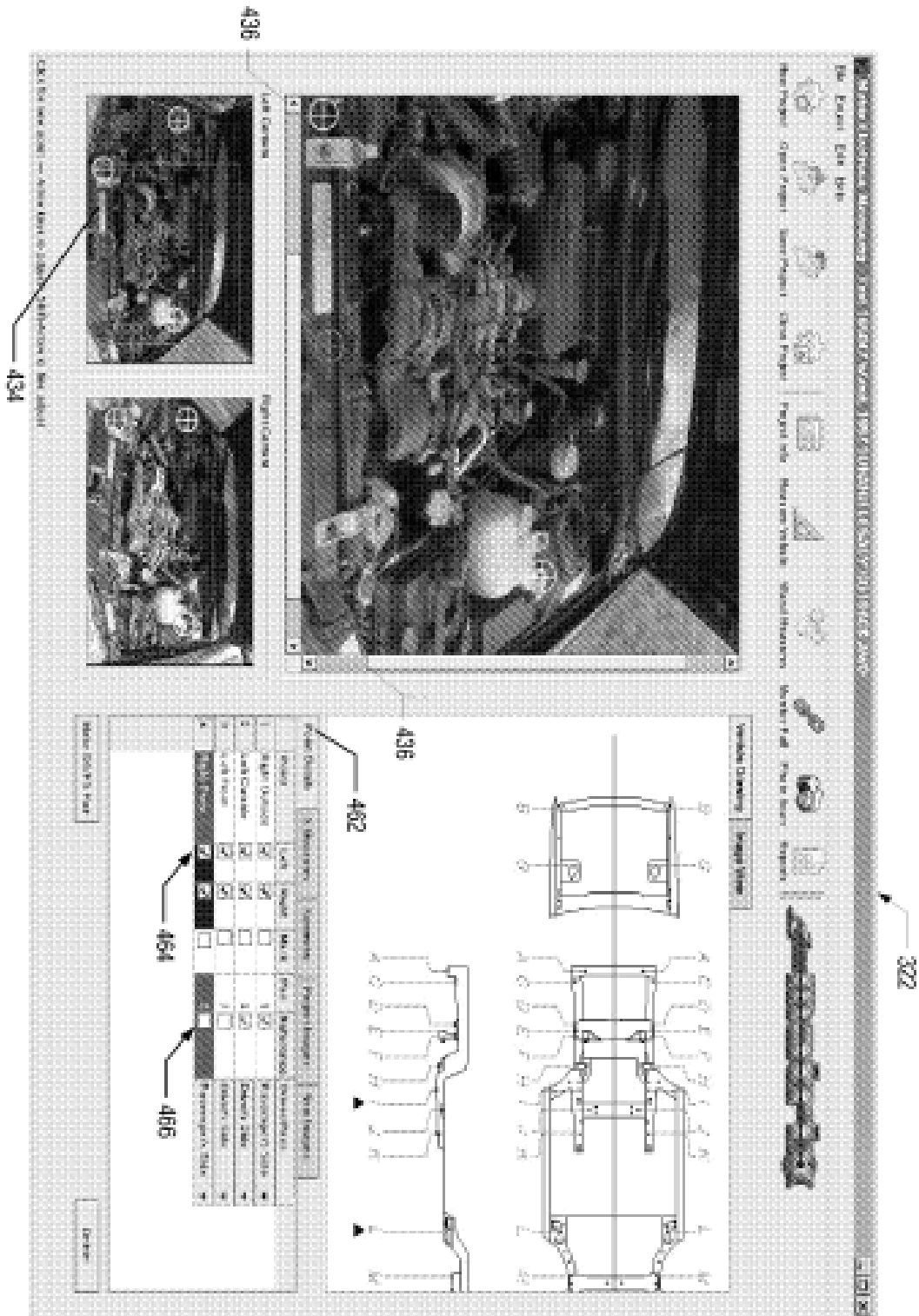


FIG. 4F



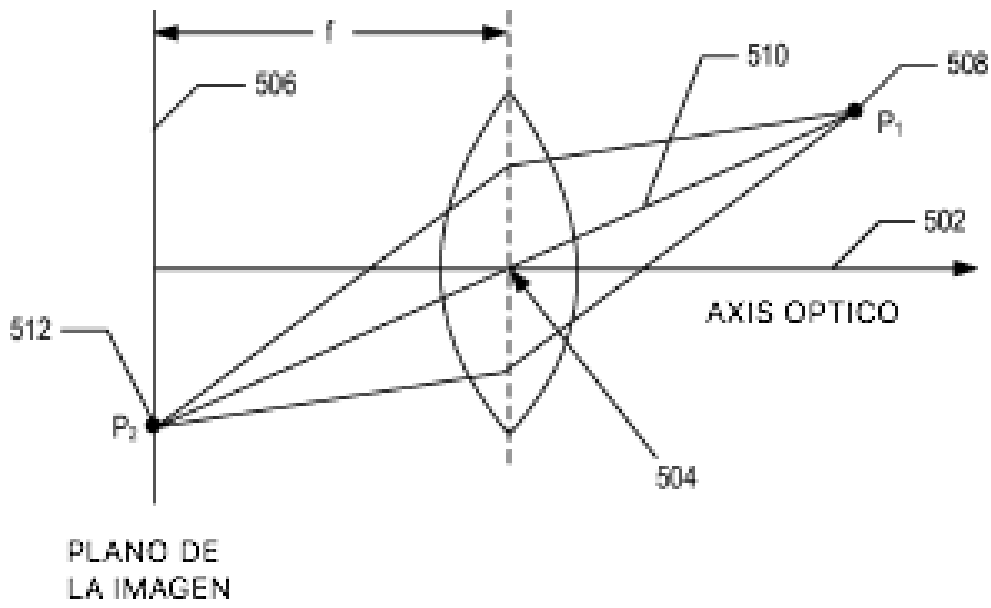


FIG. 5A

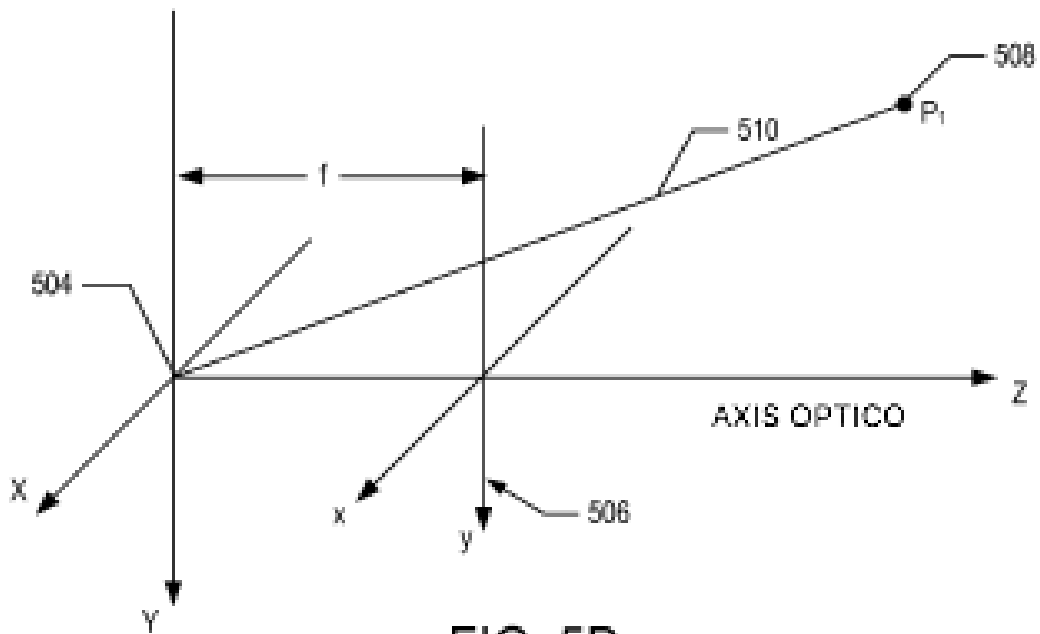
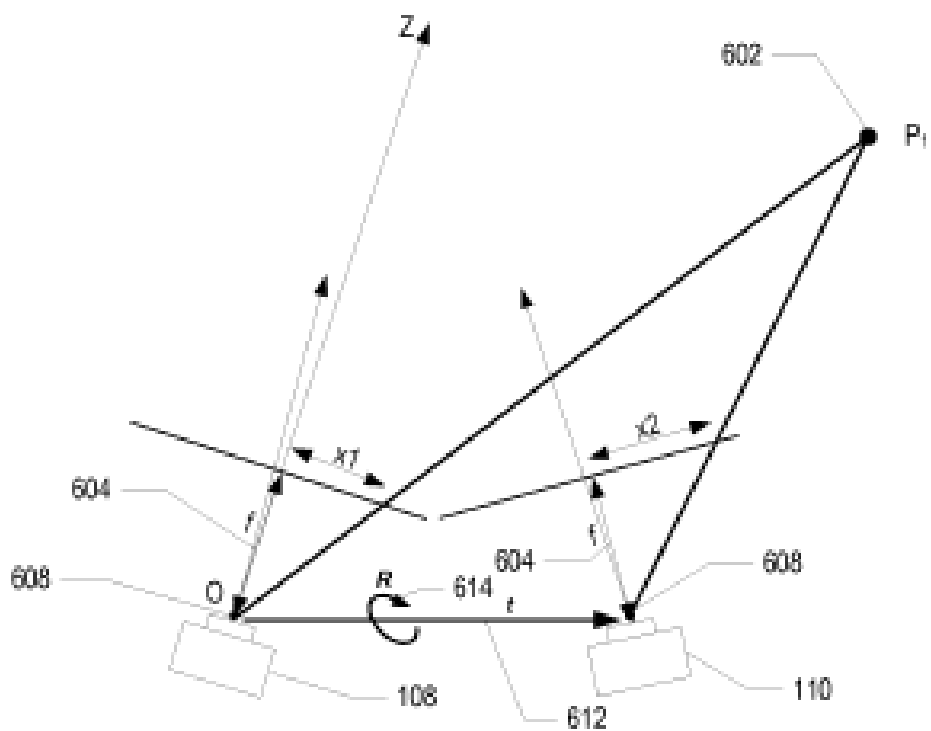


FIG. 5B

FIG. 6B



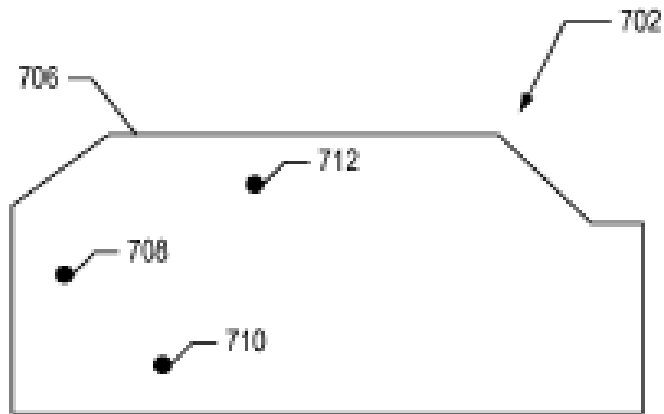
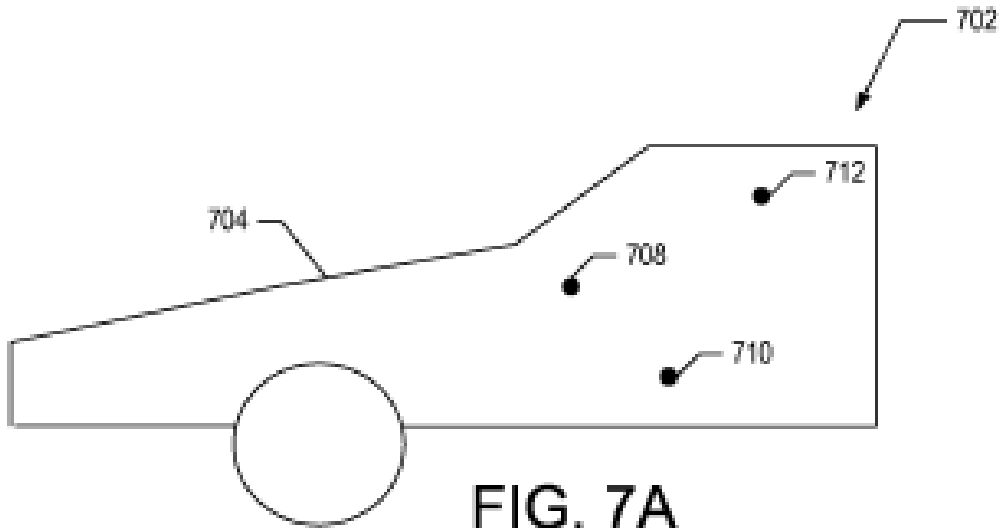


FIG. 7B

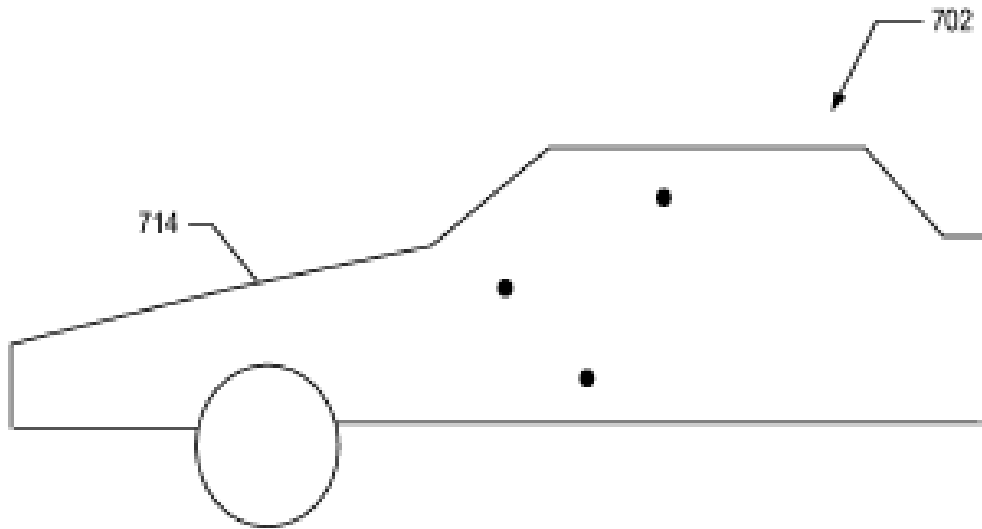


FIG. 7C

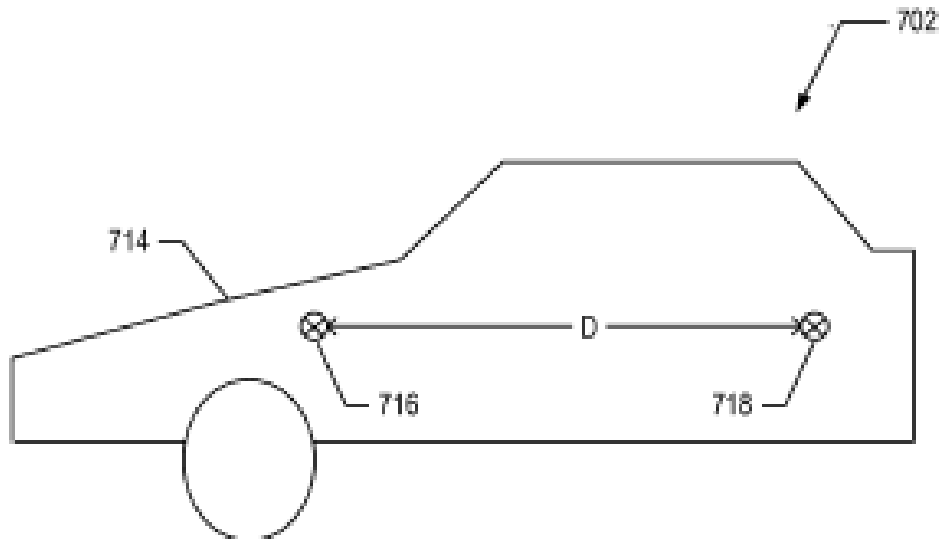


FIG. 7D

FIG. 8

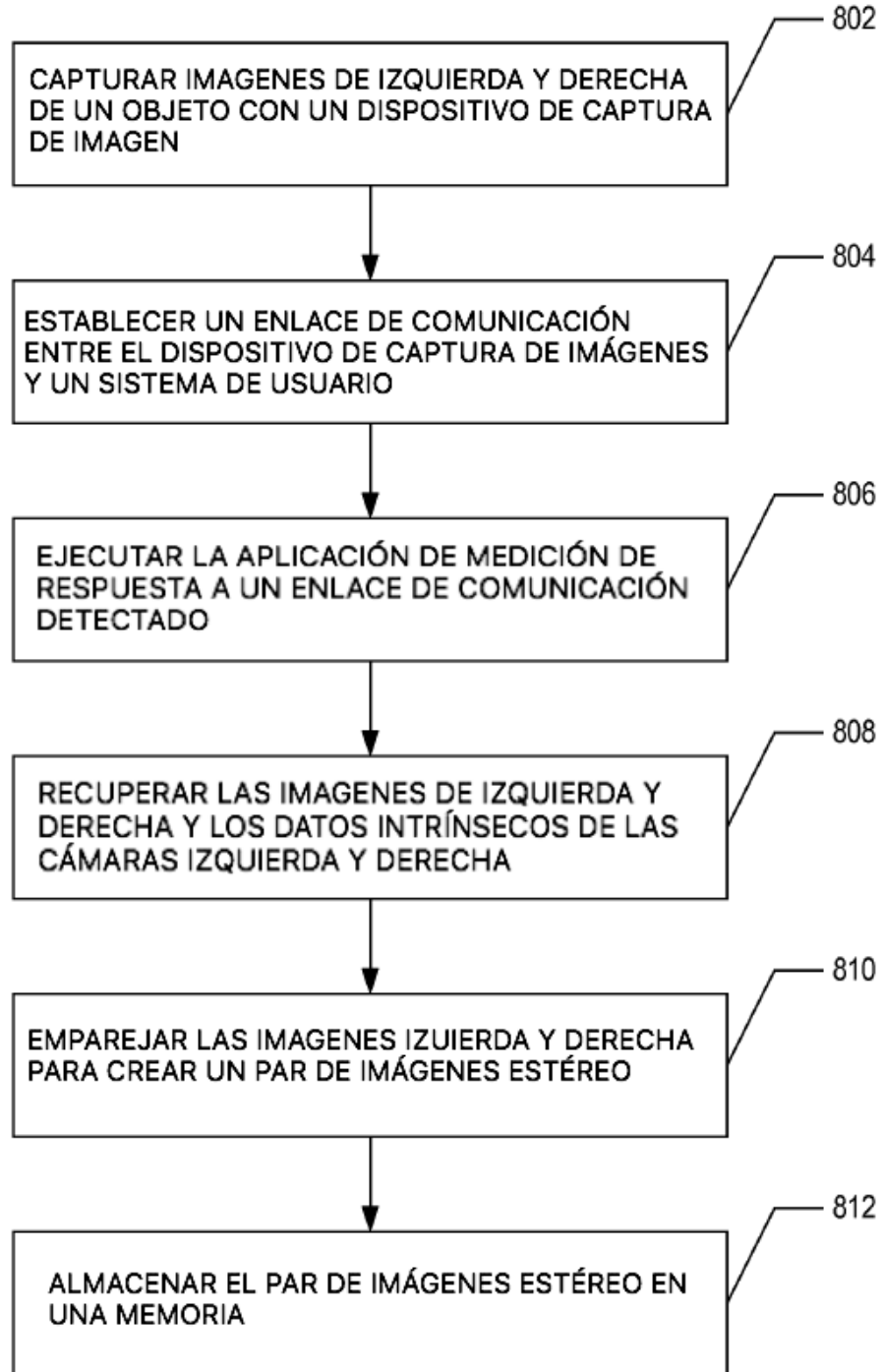


FIG. 9

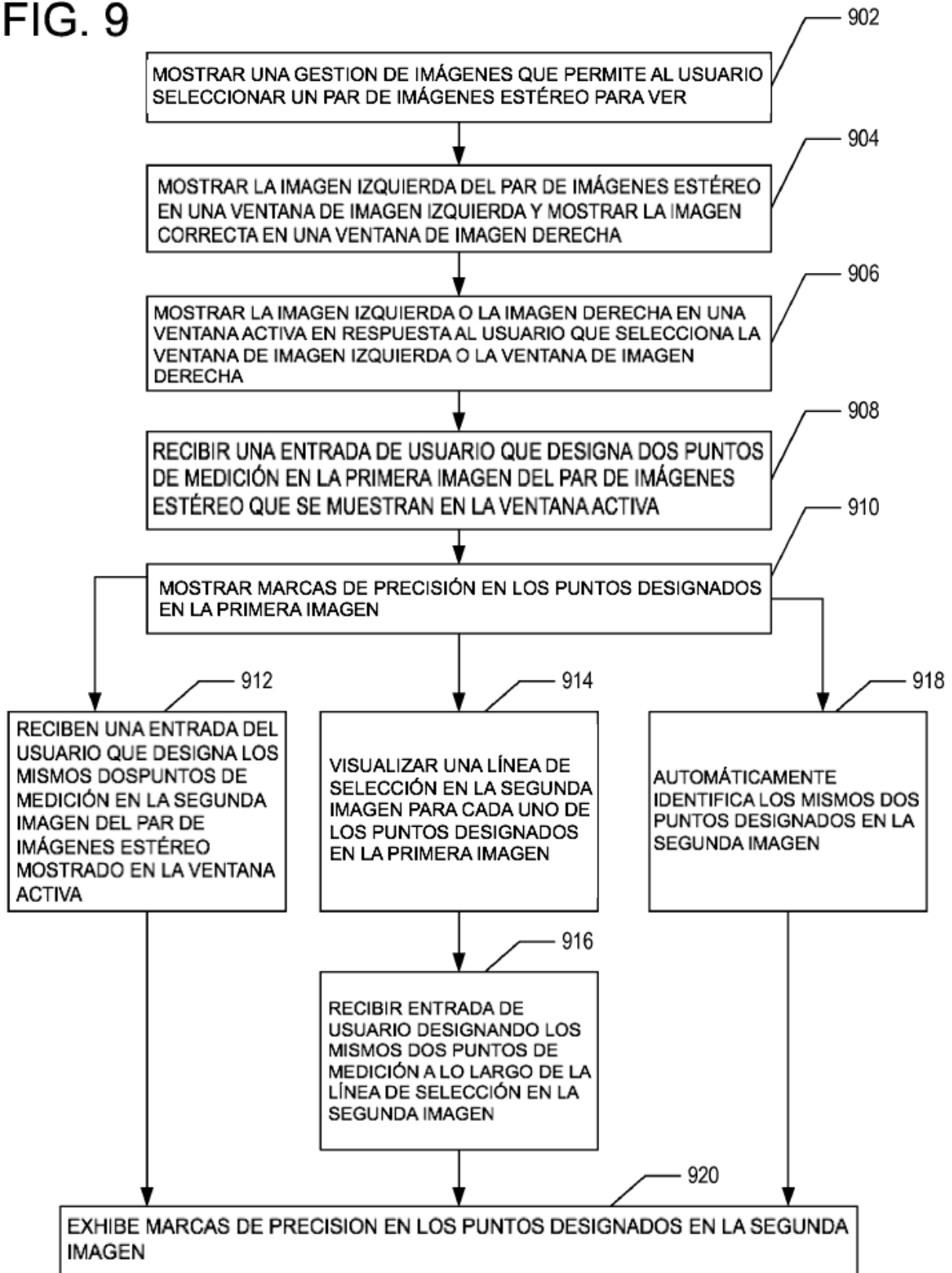


FIG. 10

