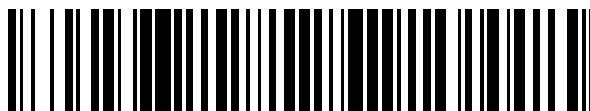


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 714 278**

51 Int. Cl.:

**H04N 5/232** (2006.01)

**G06T 3/40** (2006.01)

**H04N 5/225** (2006.01)

**G02B 13/00** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.10.2013 PCT/US2013/064381**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.04.2014 WO14062481**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.10.2013 E 13779716 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2018 EP 2910011**

54 Título: **Sistema multicámara que usa óptica plegada**

30 Prioridad:

**19.10.2012 US 201261716339 P**  
**15.03.2013 US 201313837098**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**28.05.2019**

73 Titular/es:

**QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)**  
**5775 Morehouse Drive**  
**San Diego, CA 92121-1714, US**

72 Inventor/es:

**GEORGIEV, TODOR GEORGIEV;**  
**OSBORNE, THOMAS WESLEY y**  
**GOMA, SERGIU RADU**

74 Agente/Representante:

**FORTEA LAGUNA, Juan José**

ES 2 714 278 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 multicámara que usa óptica plegada

## 5 CAMPO TÉCNICO

[0001] La presente divulgación se refiere a sistemas y procedimientos de formación de imágenes que incluyen una matriz multicámara. En particular, la divulgación se refiere a sistemas y procedimientos que permiten sistemas y dispositivos móviles de formación de imágenes de bajo perfil mientras se mantiene o mejora la calidad de la imagen.

10

## ANTECEDENTES

[0002] Muchos dispositivos móviles, tales como los teléfonos móviles y los dispositivos informáticos de tablet, incluyen cámaras que pueden hacerse funcionar por un usuario para capturar imágenes fijas y/o de vídeo. Debido a que los dispositivos móviles están diseñados típicamente para ser relativamente pequeños, puede ser importante diseñar las cámaras o los sistemas de formación de imágenes para que sean lo más finos posible con el fin de mantener un dispositivo móvil de bajo perfil. En diversos dispositivos convencionales, el grosor del dispositivo móvil se mantiene lo más pequeño posible girando el sensor de imagen hacia un lado y usando dispositivos reflectantes para doblar los rayos hacia el sensor. Sin embargo, esta solución en particular no es muy sólida porque el ancho del sensor de imagen y el paso de píxeles pueden determinar la resolución más alta de la cámara.

[0003] En otros dispositivos convencionales, el grosor del dispositivo móvil se mantiene tan pequeño como sea posible acortando la distancia focal del sistema de formación de imágenes. Sin embargo, pueden surgir diversos problemas cuando la distancia focal del sistema esté diseñada para ser lo más corta posible. Por ejemplo, debido a que la distancia focal y el campo de visión del sistema están inversamente relacionados, acortar la distancia focal puede aumentar el campo de visión hasta tal punto que la imagen puede pasar de una imagen natural a un campo de imagen de vista no natural, *por ejemplo*, en campos de visión de unos 60 grados o más. Además, la reducción de la lente, *por ejemplo*, la pérdida de luz o brillo cerca de los bordes de una imagen en comparación con el centro de una imagen, puede aumentar a medida que disminuye la distancia focal. Por tanto, a medida que se reduce la distancia focal de los sistemas de formación de imágenes en los dispositivos móviles, la calidad de la imagen puede degradarse debido a una reducción no deseada de la lente.

[0004] Además, la función de transferencia de modulación (MTF) de los sistemas de formación de imágenes en diversos dispositivos móviles puede producir una resolución más baja cerca de los bordes de la imagen en comparación con el centro de la imagen, lo que se puede denominar reducción de MTF. Debido a que la reducción de MTF también puede estar relacionada inversamente con la distancia focal, una distancia focal reducida en los dispositivos móviles puede reducir la resolución en los bordes de la imagen. Además, las distancias focales más cortas pueden aumentar el ángulo de incidencia del rayo principal de la lente, lo que también puede generar defectos indeseables, incluidos el aumento de la luz y la interferencia eléctrica entre los píxeles y un rendimiento menor de la MTF del sensor. Por consiguiente, puede ser ventajoso reducir el grosor de los sistemas de formación de imágenes en los dispositivos móviles, mientras se mantiene o mejora la calidad de la imagen.

## SUMARIO

[0005] Las matrices de sensores ópticos plegados y las técnicas de captura de imágenes descritas en el presente documento permiten la creación de dispositivos de captura de imágenes de bajo perfil sin acortar la distancia focal ni disminuir la resolución de la imagen en todo el campo de visión de la matriz de sensores. Al redirigir la luz hacia cada sensor en la matriz usando una superficie primaria y secundaria, y al colocar los montajes de lente usados para enfocar la luz entrante entre las superficies primaria y secundaria, la matriz de sensores se puede colocar sobre un sustrato plano perpendicular a los montajes de lente. La distancia focal más larga hace posible implementar características tales como el zoom óptico e incorporar ópticas más complicadas que requieran más espacio del que suele ofrecer la cámara móvil tradicional, tal como añadir más elementos ópticos. La agudeza de la cámara, que se refiere a la resolución angular de la cámara y define qué tan bien resuelve la cámara los objetos lejanos, es proporcional a la distancia focal y por lo tanto se beneficia directamente de las cámaras más largas.

[0006] Algunos de los modos de realización pueden emplear un espejo central, por ejemplo, con múltiples superficies, para dividir la luz entrante que comprenda la imagen objetivo en múltiples porciones para que los sensores en la matriz la capturen. Otros modos de realización pueden emplear un prisma con múltiples facetas, en el que cada faceta dirija una porción de la luz que comprenda la imagen objetivo hacia un sensor en la matriz. Cada porción de la luz dividida puede pasarse a través de un montaje de lente y reflejarse desde una superficie colocada directamente por encima o por debajo de un sensor, de manera que cada sensor capture una porción de la imagen. En algunas circunstancias, cada sensor en la matriz puede capturar una porción de la imagen que se superponga ligeramente con las porciones capturadas por sensores vecinos en la matriz, y estas porciones pueden montarse en la imagen objetivo, por ejemplo, mediante técnicas de combinación de imágenes.

65

[0007] De acuerdo con un modo de realización, un sistema de captura de imágenes comprende una pluralidad de sensores de imagen, teniendo cada uno de la pluralidad de sensores de imagen uno de una pluralidad de campos de visión, comprendiendo cada uno de la pluralidad de campos de visión una porción sustancialmente diferente de la escena; una pluralidad de montajes de lente, correspondiendo cada montaje de lente a uno de la pluralidad de sensores de imagen; una superficie primaria colocada para dirigir la luz que comprende al menos una porción de la escena a través de al menos uno de la pluralidad de montajes de lente; una pluralidad de superficies secundarias, en la que cada una de las superficies secundarias dirige al menos una porción de la luz de uno de la pluralidad de montajes de lente hacia uno de la pluralidad de sensores de imagen, y en el que cada uno de la pluralidad de sensores de imagen captura una de la pluralidad de imágenes parciales, correspondiendo cada una de la pluralidad de imágenes parciales a uno de la pluralidad de campos de visión; y un módulo de procesamiento configurado para montar la pluralidad de imágenes parciales en la imagen objetivo.

[0008] El sistema de captura de imágenes puede comprender además un sustrato sustancialmente plano. La pluralidad de sensores de imagen, la pluralidad de montajes de lente, la superficie primaria y las superficies secundarias se pueden montar en el sustrato en una variedad de configuraciones adecuadas. La superficie primaria puede comprender una o más superficies reflectantes y, en algunos modos de realización, puede ser un prisma que comprenda una o más facetas configuradas para redirigir la luz entrante que comprenda la escena de la imagen objetivo.

[0009] De acuerdo con otro modo de realización, se proporciona un procedimiento para capturar una escena de la imagen objetivo, comprendiendo el procedimiento las etapas de proporcionar una pluralidad de sensores de imagen, teniendo cada uno de la pluralidad de sensores de imagen uno de una pluralidad de campos de visión, comprendiendo cada uno de la pluralidad de campos de visión una porción sustancialmente diferente de la escena; proporcionar una pluralidad de montajes de lente, correspondiendo cada montaje de lente a uno de la pluralidad de sensores de imagen; comprender la luz de dirección al menos una porción de la escena hacia cada uno de la pluralidad de montajes de lente que usan al menos una superficie primaria; dirigir la luz desde cada uno de la pluralidad de montajes de lente hacia uno correspondiente de la pluralidad de sensores de imagen usando una pluralidad de superficies secundarias; capturar una pluralidad de imágenes parciales, en la que cada uno de la pluralidad de imágenes parciales se captura por uno de la pluralidad de sensores de imagen y corresponde a uno de la pluralidad de campos de visión; y montar la pluralidad de imágenes parciales en la imagen objetivo.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0010] Diversos aspectos de la captura de imágenes se ilustran a modo de ejemplo, y no de manera limitativa, en los dibujos adjuntos, en los que:

la FIG. 1A ilustra una vista lateral en sección transversal de un modo de realización de un montaje de sensor óptico plegado;

la FIG. 1B ilustra una vista superior de un modo de realización de campos de visión proyectados del montaje de sensor óptico plegado de la FIG. 1A;

la FIG. 2 ilustra un diagrama de bloques de un modo de realización de un dispositivo de captura de imágenes;

la FIG. 3A ilustra un diagrama de bloques de un modo de realización de una matriz de sensores ópticos plegados;

la FIG. 3B ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización de la matriz de sensores ópticos plegados de la FIG. 3A;

la FIG. 3C ilustra un diagrama esquemático de un modo de realización de campos de visión proyectados de la matriz de sensores ópticos plegados de las FIGS. 3A-B;

la FIG. 4 ilustra una vista lateral en sección transversal de un modo de realización de un montaje de sensor óptico plegado que muestra la relación angular de sus componentes;

la FIG. 5A ilustra una vista en perspectiva de otro modo de realización de una matriz de sensores ópticos plegados;

la FIG. 5B ilustra una vista en perspectiva de otro modo de realización más de una matriz de sensores ópticos plegados;

la FIG. 5C ilustra un diagrama esquemático de un modo de realización de campos de visión proyectados de las matrices de sensores ópticos plegados de las FIGS. 5A-B;

la FIG. 6A ilustra una vista en perspectiva de otro modo de realización de una matriz de sensores ópticos plegados;

la FIG. 6B ilustra un diagrama esquemático de un modo de realización de campos de visión proyectados de la matriz de sensores ópticos plegados de la FIG. 6A;

la FIG. 7 ilustra un diagrama de bloques de un modo de realización de una matriz de sensores ópticos plegados en cascada;

la FIG. 8 ilustra una vista lateral en sección transversal de otro modo de realización de una matriz de sensores ópticos plegados; y

la FIG. 9 ilustra un modo de realización de un proceso de captura de imágenes ópticas plegadas.

## DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0011] Las implementaciones divulgadas en el presente documento proporcionan sistemas, procedimientos y aparatos para aplicaciones móviles de formación imágenes. Por ejemplo, como se explica en el presente documento, puede ser deseable reducir el factor de forma de los dispositivos móviles mientras se mantiene o mejora la calidad de la imagen. Las implementaciones divulgadas en el presente documento se pueden usar en dispositivos móviles para reducir el grosor de los sistemas de formación de imágenes empleando múltiples sensores de imagen y/o múltiples lentes en todo el campo de visión del sistema de formación de imágenes. En diversas implementaciones, una matriz de cámaras y/o de sensores de imagen pueden proporcionarse adyacentes a una o más superficies reflectantes. La matriz de sensores puede capturar múltiples imágenes superpuestas, que pueden combinarse para formar una sola imagen manteniendo una alta calidad de imagen y resolución. Al espaciar múltiples sensores lateralmente sobre un sustrato, o adyacentes de otra forma entre sí en el sistema, se puede reducir la altura o el grosor total del sistema de formación de imágenes. En diversas implementaciones, los sistemas divulgados pueden llamarse sistemas de óptica plegada que incluyen longitudes de trayectoria óptica relativamente largas. Al no reducir la distancia focal de manera sustancial, se pueden evitar las reducciones de la calidad de la imagen descritas anteriormente, mientras se mantiene un sistema de formación de imágenes con una altura reducida.

[0012] Debe apreciarse que son posibles muchas otras implementaciones de los conceptos divulgados. Se pueden lograr diversas ventajas con las implementaciones divulgadas. Por ejemplo, el grosor total del dispositivo móvil, incluido el sistema de formación de imágenes, puede reducirse en comparación con los sistemas de formación de imágenes convencionales usados en los dispositivos móviles. Además, la resolución de la imagen en el campo de visión de la matriz de sensores se puede mejorar y puede evitar la reducción de la resolución encontrada en las cámaras tradicionales (*por ejemplo*, donde la resolución puede disminuir en los bordes). Además, el uso de múltiples lentes en todo el campo de visión del sistema puede aumentar la resolución efectiva total en todo el campo de visión. Además, el uso de múltiples lentes puede aumentar la distancia focal de la cámara y por tanto aumentar la agudeza de la cámara.

[0013] En diversas disposiciones, el campo de visión de cada cámara puede superponerse para lograr propósitos específicos, tal como permitir la capacidad de ajustar el enfoque después del procesamiento posterior. Además, se pueden implementar cámaras de alto rango dinámico para capturar dos imágenes simultáneas y luego combinarlas. Además, se puede implementar una aplicación de enfoque automático cambiando la distancia focal entre la lente y el sensor de cada cámara en la matriz. Como se explica en el presente documento, se pueden lograr otras diversas ventajas e implementaciones.

[0014] Un experto en la técnica reconocerá que estos modos de realización pueden implementarse en hardware, software, firmware o en cualquier combinación de los mismos. Los expertos en la técnica entenderán que la información y las señales pueden representarse usando cualquiera de una variedad de tecnologías y técnicas diferentes. Por ejemplo, los datos, las instrucciones, los comandos, la información, las señales, los bits, los símbolos y los chips que puedan haberse mencionado a lo largo de la descripción anterior pueden representarse mediante tensiones, corrientes, ondas electromagnéticas, campos o partículas magnéticos, campos o partículas ópticos o cualquier combinación de los mismos.

[0015] En la siguiente descripción, se dan detalles específicos para proporcionar una comprensión exhaustiva de los ejemplos. Sin embargo, un experto en la técnica entenderá que pueden llevarse a la práctica los ejemplos sin estos detalles específicos. Por ejemplo, los componentes/dispositivos eléctricos pueden mostrarse en diagramas de bloques con el fin de no oscurecer los ejemplos con detalles innecesarios. En otros casos, dichos componentes, otras estructuras y técnicas se pueden mostrar en detalle para explicar mejor los ejemplos.

[0016] Además, se observa también que los ejemplos pueden describirse como un proceso, que se representa como un organigrama, un diagrama de flujo, un diagrama de estados finitos, un diagrama estructural o un diagrama de bloques. Aunque un diagrama de flujo puede describir las operaciones como un proceso secuencial, muchas de las operaciones pueden realizarse en paralelo o simultáneamente, y el proceso puede repetirse. Además, el orden de las operaciones puede reorganizarse. Un proceso se termina cuando sus operaciones se completan. Un proceso puede corresponder a un procedimiento, una función, un proceso, una subrutina, un subprograma, etc. Cuando un proceso se corresponde con una función de software, su finalización corresponde al retorno de la función a la función de llamada o a la función principal.

[0017] Con referencia ahora a las Figuras 1A-B, a continuación se describirá con mayor detalle un conjunto multisensor óptico plegado 100 a modo de ejemplo. Como se muestra en la Figura 1A, un montaje de sensor 100 puede incluir

sensores de imagen 105, 125, superficies reflectantes 110, 135, montajes de lente 115, 130, una superficie reflectante central 120, todo montado sobre un sustrato 150.

**[0018]** Los sensores de imagen 105, 125 pueden comprender, en ciertos modos de realización, un dispositivo de carga acoplada (CCD), un sensor semiconductor de óxido metálico complementario (CMOS), o cualquier otro dispositivo de detección de imágenes que reciba luz y genere datos de imagen en respuesta a la imagen recibida. Los sensores de imagen 105, 125 pueden obtener datos de imagen de fotografías fijas y también pueden proporcionar información sobre el movimiento en un flujo de vídeo capturado. Los sensores 105 y 125 pueden ser sensores individuales o pueden representar matrices de sensores, tal como una matriz de 3x1. Sin embargo, como entenderá un experto en la técnica, se puede usar cualquier matriz adecuada de sensores en las implementaciones divulgadas.

**[0019]** Los sensores 105, 125 pueden montarse en el sustrato 150 como se muestra en la Figura 1A. En algunos modos de realización, todos los sensores pueden estar en un plano al montarse en el sustrato plano 150. El sustrato 150 puede ser cualquier material sustancialmente plano adecuado. La superficie reflectante central 120 y los montajes de lente 115, 130 también pueden montarse en el sustrato 150. Son posibles múltiples configuraciones para montar una matriz o matrices de sensores, una pluralidad de montajes de lente y una pluralidad de superficies reflectantes o refractivas primaria y secundaria.

**[0020]** En algunos modos de realización, se puede usar una superficie reflectante central 120 para redirigir la luz desde una escena de la imagen objetivo hacia los sensores 105, 125. La superficie reflectante central 120 puede ser un espejo o una pluralidad de espejos, y puede ser plana o con la forma necesaria para redireccionar adecuadamente la luz entrante a los sensores de imagen 105, 125. Por ejemplo, en algunos modos de realización, la superficie reflectante central 120 puede tener un tamaño y una forma de espejo para reflejar los rayos de luz entrantes a través de los montajes de lente 115, 130 a los sensores 105, 125. La superficie reflectante central 120 puede dividir la luz que comprende la imagen objetivo en múltiples porciones y dirigir cada porción a un sensor diferente. Por ejemplo, un primer lado 122 de la superficie reflectante central 120 puede enviar una porción de la luz correspondiente a un primer campo de visión 140 hacia el sensor izquierdo 105 mientras que un segundo lado 124 envía una segunda porción de la luz correspondiente a un segundo campo de visión 145 hacia el sensor derecho 125. Debe apreciarse que los campos de visión 140, 145 juntos de los sensores de imagen cubren al menos la imagen objetivo.

**[0021]** En algunos modos de realización en los que los sensores receptores son cada uno una matriz de una pluralidad de sensores, la superficie reflectante central puede estar formada por múltiples superficies reflectantes en ángulo entre sí para enviar una porción diferente de la escena de la imagen objetivo hacia cada uno de los sensores. Cada sensor en la matriz puede tener un campo de visión sustancialmente diferente y, en algunos modos de realización, los campos de visión pueden superponerse. Ciertos modos de realización de la superficie reflectante central pueden tener superficies no planas complicadas para aumentar los grados de libertad al diseñar el sistema de lente. Además, aunque la superficie central se analiza como una superficie reflectante, en otros modos de realización, la superficie central puede ser refractiva. Por ejemplo, la superficie central puede ser un prisma configurado con una pluralidad de facetas, donde cada faceta dirija una porción de la luz que comprenda la escena hacia uno de los sensores.

**[0022]** Después de reflejarse en la superficie reflectante central 120, la luz puede pasarse a través de los montajes de lente 115, 130. Uno o más montajes de lente 115, 130 pueden proporcionarse entre la superficie reflectante central 120 y los sensores 105, 125 y las superficies reflectantes 110, 135. Los montajes de lente 115, 130 pueden usarse para enfocar la porción de la imagen objetivo que se dirige hacia cada sensor.

**[0023]** En algunos modos de realización, cada montaje de lente puede comprender una o más lentes y un accionador para mover la lente entre una pluralidad de diferentes posiciones de lentes a través de un alojamiento. El accionador puede ser un motor de bobina de voz (VCM), un sistema mecánico microelectrónico (MEMS) o una aleación de memoria de forma (SMA). El montaje de lente puede comprender además un controlador de lentes para controlar el accionador.

**[0024]** Las técnicas tradicionales de enfoque automático pueden implementarse cambiando la distancia focal entre la lente 115, 130 y los sensores correspondientes 105, 125 de cada montaje de sensor. En algunos modos de realización, esto puede lograrse moviendo un cilindro de lente. Otros modos de realización pueden ajustar el enfoque moviendo el espejo central hacia arriba o hacia abajo o ajustando el ángulo del espejo con respecto al montaje de lente. Ciertos modos de realización pueden ajustar el enfoque moviendo los espejos laterales sobre cada sensor. Dichos modos de realización pueden permitir que el conjunto ajuste el enfoque de cada sensor individualmente. Además, es posible que algunos modos de realización cambien el enfoque de todo el conjunto de una vez, por ejemplo, colocando una lente como una lente líquida sobre todo el conjunto. En ciertas implementaciones, la fotografía computacional se puede usar para cambiar el punto focal de la matriz de cámara.

**[0025]** Alrededor del espejo central 120 se pueden proporcionar múltiples superficies reflectantes laterales, tales como las superficies reflectantes 110 y 135, opuestas a los sensores. Después de pasar a través de los montajes de lente, las superficies reflectantes laterales 110, 135 pueden reflejar la luz hacia abajo sobre los sensores planos 105, 125. Como se representa, el sensor 105 puede colocarse debajo de la superficie reflectante 110 y el sensor 125 puede colocarse debajo de la superficie reflectante 135. Sin embargo, en otros modos de realización, los sensores pueden estar por encima de las superficies laterales reflejadas, y las superficies laterales reflectantes pueden configurarse para reflejar la luz hacia

arriba. Son posibles otras configuraciones adecuadas de las superficies reflectantes laterales y de los sensores en los que la luz de cada montaje de lente se redirija hacia los sensores. Ciertos modos de realización pueden permitir el movimiento de las superficies reflectantes laterales 110, 135 para cambiar el enfoque o el campo de visión del sensor asociado.

**[0026]** Como se muestra en la Figura 1B, el campo de visión 140, 145 de cada sensor puede dirigirse hacia el espacio del objeto por la superficie del espejo central 120 asociado con ese sensor. Se pueden emplear procedimientos mecánicos para inclinar los espejos y/o mover los prismas en la matriz para que el campo de visión de cada cámara pueda dirigirse a diferentes ubicaciones en el campo del objeto. Esto se puede usar, por ejemplo, para implementar una cámara de alto rango dinámico, para aumentar la resolución del sistema de la cámara o para implementar un sistema de cámara plenóptica. El campo de visión de cada sensor (o cada matriz de 3x1) puede proyectarse en el espacio del objeto, y cada sensor puede capturar una imagen parcial que comprenda una porción de la escena objetivo de acuerdo con el campo de visión de ese sensor. En algunos modos de realización, los campos de visión 140, 145 para las matrices de sensores opuestos 105, 125 pueden superponerse por una cierta cantidad de 150. Para reducir la superposición 150 y formar una sola imagen, se puede usar un proceso de combinación como se describe a continuación para combinar las imágenes de las dos matrices de sensores opuestos 105, 125. Ciertos modos de realización del proceso de combinación pueden emplear la superposición 150 para identificar características comunes al combinar las imágenes parciales. Después de combinar las imágenes superpuestas, la imagen combinada puede recortarse a una relación de aspecto deseada, por ejemplo 4:3 o 1:1, para formar la imagen final.

**[0027]** La Figura 2 representa un diagrama de bloques de alto nivel de un dispositivo 200 que tiene un conjunto de componentes que incluye un procesador de imágenes 220 vinculado a uno o más montajes de sensor de imagen 215a-n. El procesador de imágenes 220 también está en comunicación con una memoria de trabajo 205, una memoria 230 y un procesador de dispositivo 250, que a su vez está en comunicación con el almacenamiento 210 y la pantalla electrónica 225.

**[0028]** El dispositivo 200 puede ser un teléfono móvil, una cámara digital, una tablet, un asistente digital personal o similar. Hay muchos dispositivos informáticos portátiles en los que proporcionaría ventajas un sistema de formación de imágenes de grosor reducido tal como se describe en el presente documento. El dispositivo 200 también puede ser un dispositivo informático estacionario o cualquier dispositivo en el que un sistema de formación de imágenes finas sería ventajoso. Una pluralidad de aplicaciones puede estar disponible para el usuario en el dispositivo 200. Estas aplicaciones pueden incluir aplicaciones tradicionales fotográficas y de vídeo, formación de imágenes de alto rango dinámico, fotos y vídeos panorámicos, o formación de imágenes estereoscópicas tales como imágenes 3D o vídeo 3D.

**[0029]** El dispositivo de captura de imágenes 200 incluye los montajes de sensor de imagen 215a-n para capturar imágenes externas. Los montajes de sensor de imagen 215a-n pueden incluir un sensor, un montaje de lente y una superficie reflectante o refractiva principal y secundaria para redirigir una porción de una imagen objetivo a cada sensor, como se analizó anteriormente con respecto a la Figura 1A. En general, se pueden usar N montajes de sensor de imagen 215a-n, donde  $N \geq 2$ . Por tanto, la imagen objetivo se puede dividir en N porciones en las que cada sensor de los N montajes de sensor capture una porción de la imagen objetivo de acuerdo con el campo de visión de ese sensor. Sin embargo, algunos modos de realización pueden emplear solamente un montaje de sensor de imagen, y se entenderá que los montajes de sensor de imagen 215a-n pueden comprender cualquier número de montajes de sensor de imagen adecuados para una implementación del dispositivo de formación de imágenes ópticas plegadas descrito en el presente documento. El número de sensores puede aumentarse para lograr alturas z inferiores del sistema, como se analiza con más detalle a continuación con respecto a la Figura 4, o para satisfacer las necesidades de otros propósitos, tal como tener campos de visión superpuestos similares a los de una cámara plenóptica, que puede permitir la capacidad de ajustar el enfoque de la imagen después del procesamiento posterior. Otros modos de realización pueden tener una configuración adecuada de superposición de campo de visión para cámaras de alto rango dinámico que permitan capturar dos imágenes simultáneas y luego combinarlas. Los montajes de sensor de imagen 215a-n pueden estar acoplados al procesador de cámara 220 para transmitir la imagen capturada al procesador de imágenes 220.

**[0030]** El procesador de imágenes 220 puede configurarse para realizar diversas operaciones de procesamiento en los datos de imágenes recibidos que comprenden N porciones de la imagen objetivo con el fin de generar una imagen combinada de alta calidad, como se describirá con más detalle a continuación. El procesador de imágenes 220 puede ser una unidad de procesamiento de uso general o un procesador especialmente diseñado para aplicaciones de formación de imágenes. Entre los ejemplos de operaciones de procesamiento de imágenes, se incluyen recorte, escalado (por ejemplo, a una resolución diferente), combinación de imágenes, conversión de formato de imagen, interpolación de color, procesamiento de color, filtrado de imagen (por ejemplo, filtrado de imagen espacial), defecto de lente o corrección de defecto, etc. El procesador de imágenes 220 puede, en algunos modos de realización, comprender una pluralidad de procesadores. Ciertos modos de realización pueden tener un procesador dedicado a cada sensor de imagen. El procesador de imágenes 220 puede ser uno o más procesadores de señales de imagen (ISP) dedicados o una implementación de software de un procesador.

**[0031]** Como se muestra, el procesador de imágenes 220 está conectado a una memoria 230 y a una memoria de trabajo 205. En el modo de realización ilustrado, la memoria 230 almacena el módulo de control de captura 235, el módulo de combinación de imágenes 240 y el sistema operativo 245. Estos módulos incluyen instrucciones que configuran el

procesador de imágenes 220 del procesador de dispositivo 250 para realizar diversas tareas de procesamiento de imágenes y de gestión de dispositivos. La memoria de trabajo 205 puede usarse por el procesador de imágenes 220 para almacenar un conjunto de trabajo de instrucciones de procesador contenidas en los módulos de la memoria 230. De forma alternativa, la memoria de trabajo 205 también puede usarse por el procesador de imágenes 220 para almacenar datos dinámicos creados durante el funcionamiento del dispositivo 200.

**[0032]** Como se mencionó anteriormente, el procesador de imágenes 220 está configurado por varios módulos almacenados en las memorias. El módulo de control de captura 235 puede incluir instrucciones que configuren el procesador de imágenes 220 para ajustar la posición de enfoque de los montajes de sensor de imagen 215a-n. El módulo de control de captura 235 puede incluir además instrucciones que controlen las funciones generales de captura de imágenes del dispositivo 200. Por ejemplo, el módulo de control de captura 235 puede incluir instrucciones que llamen a subrutinas para configurar el procesador de imágenes 220 para capturar datos de imágenes en bruto de una escena de imagen objetivo usando los montajes de sensor de imagen 215a-n. El módulo de control de captura 235 puede llamar luego al módulo de combinación de imágenes 240 para realizar una técnica de combinación en las N imágenes parciales capturadas por los montajes de sensor 215a-n y enviar una imagen objetivo combinada y recortada al procesador de imágenes 220. El módulo de control de captura 235 también puede llamar al módulo de combinación de imagen 240 para realizar una operación de combinación en datos de imagen en bruto con el fin de emitir una imagen de vista previa de una escena que se vaya a capturar, y para actualizar la imagen de vista previa en ciertos intervalos de tiempo o cuando cambie la escena en los datos de la imagen en bruto.

**[0033]** El módulo de combinación de imágenes 240 puede comprender instrucciones que configuren el procesador de imágenes 220 para realizar técnicas de combinación y recorte en datos de imágenes capturadas. Por ejemplo, cada uno de los N sensores 215a-n puede capturar una imagen parcial que comprenda una porción de la imagen objetivo de acuerdo con el campo de visión de cada sensor. Los campos de visión pueden compartir áreas de superposición, como se describió anteriormente con respecto a la Figura 1B y a continuación con respecto a las Figuras 3C, 4C, 5B y 6B. Con el fin de emitir una única imagen objetivo, el módulo de combinación de imágenes 240 puede configurar el procesador de imágenes 220 para combinar las múltiples N imágenes parciales para producir una imagen objetivo de alta resolución. La generación de imágenes de destino se puede producir a través de técnicas conocidas de combinación de imágenes. Se pueden encontrar ejemplos de combinación de imágenes en el número de solicitud de patente de los EE. UU: 11/623.050 (Docket 060170) que se incorpora por la presente como referencia en su totalidad.

**[0034]** Por ejemplo, el módulo de combinación de imágenes 240 puede incluir instrucciones para comparar las áreas de superposición a lo largo de los bordes de las N imágenes parciales para las características coincidentes con el fin de determinar la rotación y la alineación de las N imágenes parciales entre sí. Debido a la rotación de imágenes parciales y/o a la forma del campo de visión de cada sensor, la imagen combinada puede formar una forma irregular. Por lo tanto, después de alinear y combinar las N imágenes parciales, el módulo de combinación de imágenes 240 puede llamar a subrutinas que configuren el procesador de imágenes 220 para recortar la imagen combinada a una forma y relación de aspecto deseadas, por ejemplo, un rectángulo de 4:3 o un cuadrado de 1:1. La imagen recortada se puede enviar al procesador de dispositivo 250 para visualizarse en la pantalla 225 o para guardarse en el almacenamiento 210.

**[0035]** El módulo de sistema operativo 245 configura el procesador de imágenes 220 para gestionar la memoria de trabajo 205 y los recursos de procesamiento del dispositivo 200. Por ejemplo, el módulo del sistema operativo 245 puede incluir controladores de dispositivos para gestionar recursos de hardware tales como los montajes de sensor de imagen 215a-n. Por lo tanto, en algunos modos de realización, las instrucciones contenidas en los módulos de procesamiento de imágenes analizados anteriormente pueden no interactuar directamente con estos recursos de hardware, sino interactuar en su lugar a través de subrutinas estándar o de API ubicadas en el componente de sistema operativo 270. Las instrucciones dentro del sistema operativo 245 pueden interactuar luego directamente con estos componentes de hardware. El módulo de sistema operativo 245 puede configurar además el procesador de imágenes 220 para compartir información con el procesador de dispositivo 250.

**[0036]** El procesador de dispositivo 250 puede configurarse para controlar la visualización 225 para visualizar la imagen capturada, o una vista previa de la imagen capturada, a un usuario. La pantalla 225 puede ser externa al dispositivo de formación de imágenes 200 o puede formar parte del dispositivo de formación de imágenes 200. La pantalla 225 también puede configurarse para proporcionar un buscador de vistas que visualice una imagen de vista previa para su uso antes de capturar una imagen, o puede configurarse para visualizar una imagen capturada almacenada en la memoria o recientemente capturada por el usuario. La pantalla 225 puede comprender una pantalla LCD o LED, y puede implementar tecnologías sensibles al tacto.

**[0037]** El procesador de dispositivo 250 puede escribir datos en el módulo de almacenamiento 210, por ejemplo, datos que representen las imágenes capturadas. Mientras que el módulo de almacenamiento 210 se representa gráficamente como un dispositivo de disco tradicional, los expertos en la técnica entenderán que el módulo de almacenamiento 210 se puede configurar como cualquier dispositivo de almacenamiento. Por ejemplo, el módulo de almacenamiento 210 puede incluir una unidad de disco, tal como una unidad de disco flexible, una unidad de disco duro, una unidad de disco óptico o una unidad de disco magneto-óptico, o una memoria de estado sólido tal como una memoria FLASH, RAM, ROM y/o EEPROM. El módulo de almacenamiento 210 también puede incluir múltiples unidades de memoria, y cualquiera de las unidades de memoria puede configurarse para estar dentro del dispositivo de captura de imágenes 200, o puede ser

externo al dispositivo de captura de imágenes 200. Por ejemplo, el módulo de almacenamiento 210 puede incluir una memoria ROM que contenga instrucciones del programa del sistema almacenadas dentro del dispositivo de captura de imágenes 200. El módulo de almacenamiento 210 también puede incluir tarjetas de memoria o memorias de alta velocidad configuradas para almacenar imágenes capturadas que pueden ser extraíbles de la cámara.

**[0038]** Aunque la Figura 2 representa un dispositivo que tiene componentes independientes para incluir un procesador, un sensor de imagen y la memoria, un experto en la técnica reconocerá que estos componentes independientes se pueden combinar de varias formas para lograr objetivos de diseño particulares. Por ejemplo, en un modo de realización alternativo, los componentes de memoria pueden combinarse con componentes de procesador para ahorrar costes y mejorar el rendimiento.

**[0039]** Adicionalmente, aunque la Figura 2 ilustra dos componentes de memoria, incluyendo el componente de memoria 230 que comprende varios módulos y una memoria independiente 205 que comprende una memoria de trabajo, un experto en la técnica reconocerá varios modos de realización que utilizan diferentes arquitecturas de memoria. Por ejemplo, un diseño puede utilizar memoria ROM o RAM estática para el almacenamiento de instrucciones del procesador que implementen los módulos contenidos en la memoria 230. Las instrucciones del procesador pueden cargarse en la RAM para facilitar la ejecución mediante el procesador de imágenes 220. Por ejemplo, la memoria de trabajo 205 puede comprender memoria RAM, con instrucciones cargadas en la memoria de trabajo 205 antes de la ejecución mediante el procesador 220.

**[0040]** Volviendo a las Figuras 3A-C, se describirá con más detalle un modo de realización de una matriz de sensores ópticos plegados 300. La matriz 300 comprende dos filas 3x1 de montajes de sensor y una superficie de redirección de luz central 335, por ejemplo, un espejo. Como se muestra en la Figura 1A, los montajes de sensor A-F pueden incluir cada uno un sensor de imagen, un montaje de lente y una superficie reflectante secundaria. Algunos modos de realización de la configuración de la matriz de sensores 300 pueden tener un campo de visión de 82 grados.

**[0041]** Como se ilustra en las Figuras 3A y 3B, el montaje de sensor A 305, el montaje de sensor B 310 y el montaje de sensor C 315 están alineados en paralelo entre sí adyacentes a lo largo de un primer eje 301 en un lado 337 del espejo central 335. El montaje de sensor D 320, el montaje de sensor E 325 y el montaje de sensor F 330 están alineados paralelos entre sí a lo largo de un segundo eje 302 en el lado opuesto 338 del espejo central 335. Los primer y segundo ejes están alineados en paralelo a una línea central de simetría 336 del espejo central 335. Aunque, como se muestra, hay un espacio uniforme entre cada montaje de sensor en un eje, la cantidad de este espacio es variable, y algunos modos de realización pueden disponer los sensores sin espacio entre ellos, por ejemplo, cortando los sensores como un grupo de una oblea de silicio.

**[0042]** La Figura 3B ilustra una vista en perspectiva del espejo central 335 que visualiza tres superficies reflejadas 337, 338 y 339 distintas. La superficie reflejada 337 redirige la luz que comprende una porción de la imagen objetivo hacia el montaje de sensor 320. Esta porción de la imagen objetivo corresponde al campo de visión del sensor 320. La superficie reflejada 338 redirige otra porción de la imagen objetivo hacia el montaje de sensor 325, y la superficie reflejada 339 redirige una tercera porción de la imagen objetivo hacia el montaje de sensor 330. Aunque no se muestra en la vista ilustrada en la Figura 3B, el lado opuesto del espejo central comprende tres superficies similares que reflejan la luz hacia los montajes de sensor 305, 310 y 315.

**[0043]** Los campos de visión de cada uno de los sensores en la matriz 300 se ilustran en la Figura 3C. El campo de visión 360 corresponde al sensor 320, el campo de visión 365 corresponde al sensor 325 y el campo de visión 370 corresponde al sensor 330. Debido en parte al ángulo relativo de las superficies de espejo centrales 337 y 338, los campos de visión 360 y 365 comparten una superposición triangular. Los campos de visión 365 y 370 también pueden compartir una superposición triangular de las mismas especificaciones. Como el espejo central 335 es simétrico con respecto a la línea de simetría 336, los campos de visión 345, 350 y 355 pueden tener una relación similar entre sí como los campos de visión 360, 365 y 370. Además, las dos filas de la matriz de sensores pueden compartir campos de visión superpuestos. Los campos de visión 365 y 350 comparten una superposición rectangular. En algunos modos de realización, los sensores en la matriz pueden capturar una pluralidad de imágenes de acuerdo con los campos de visión ilustrados, y la pluralidad de imágenes se pueden combinar y recortar al límite rectangular 340 con el fin de producir la imagen objetivo.

**[0044]** La Figura 4 ilustra un modo de realización de un montaje de sensor óptico plegado 400 que comprende un sensor 405, un sistema de lente 495, una primera superficie reflectante 480 y una segunda superficie reflectante 401.

**[0045]** En el montaje de sensor óptico plegado 400, la primera superficie reflectante 480 puede colocarse en un ángulo  $\tau_0$  con respecto al plano en el que está montado el sensor 405. La segunda superficie reflectante 401 puede colocarse en un ángulo  $\tau_1$  con respecto al plano en el que se monte el sensor 405. El sensor 405 puede tener un campo de visión diagonal  $\gamma$  y un campo de visión de la altura del sensor  $\gamma_H$  determinado al menos parcialmente por la altura del sensor 410. El sistema de lente 495 puede colocarse a una distancia 445 de la primera superficie reflectante 480, medida a lo largo de un eje central desde el punto  $d_0$  en el borde receptor del sistema de lente 495 hasta el punto  $Q_0$  en la superficie reflectante 480. El sistema de lente puede colocarse a una distancia 430 de la segunda superficie reflectante 401, medida a lo largo de un eje central desde el punto  $d_i$  en el borde de transmisión de luz del sistema de lente 495 hasta el punto  $Q$ ; en la superficie reflectante 401.



**[0046]** La luz incidente 475 que comprende la escena de la imagen objetivo se desplaza hacia la primera superficie reflectante 480. El haz incidente 475 golpea la superficie 480 en el punto  $P_o$  y luego se refleja fuera de la superficie 480 y se desplaza como el haz reflejado 470 hacia el sistema de lente 495. El haz incidente 475 forma un ángulo  $\alpha_o$  con respecto al borde receptor del sistema de lente 495, y el haz reflejado 470 forma un ángulo  $\beta$  en relación con el borde receptor del sistema de lente 495. El ángulo de reflexión entre el haz incidente 475 y el haz reflejado 470 se indica con la variable  $\delta_o$ .

**[0047]** El haz reflejado 470 entra luego en el sistema de lente 495 y pasa a través de al menos una lente del diámetro 465. El sistema de lente 495 tiene una longitud 435 y un diámetro 425. Dentro del sistema de lente, la imagen objetivo es de la altura 460. Una distancia 440 marca la posición del diafragma de la lente desde el borde del sistema de lente 495. En los modos de realización que empleen una lente convergente, la luz puede converger en un punto focal R y luego desplazarse hacia el otro lado del sistema de lente 495.

**[0048]** Después de dejar el sistema de lente 495, un haz de luz 455 incide sobre la superficie reflectante secundaria 401. El haz incidente 455 golpea la superficie 480 en el punto P; y luego se refleja fuera de la superficie 401 y se desplaza como el haz reflejado 450 hacia el sensor 405. El haz reflejado 450 forma un ángulo  $\alpha_i$  en relación con el borde de transmisión de luz del sistema de lente 495, y el haz incidente 455 forma un ángulo  $\beta_i$  en relación con el borde de transmisión de luz del sistema de lente 495. El ángulo de reflexión entre el haz incidente 455 y el haz reflejado 450 se indica con la variable  $\delta$ .

**[0049]** La relación entre las variables mencionadas anteriormente se define, en algunos modos de realización 2D, mediante las siguientes ecuaciones:

$$\alpha = \pi - \beta - \delta$$

$$\beta = (\pi - \gamma_{II}) / 2$$

$$\delta = \pi - \gamma_H - 2\tau$$

**[0050]** La altura Z mínima 490 del sistema 400 con ópticas plegadas está determinada por la distancia focal trasera mínima. La distancia focal trasera mínima se puede usar para calcular un valor máximo para el diámetro 425 del sistema de lente. El diámetro 425 del sistema de lente determina el valor de la distancia Z al sensor 420 y el valor de la distancia Z a la parte superior del espejo 485. La suma de los valores de la distancia Z al sensor 420 y la distancia Z a la parte superior del espejo 485 proporciona la altura Z mínima para el sistema 480.

**[0051]** En un modo de realización, tanto la distancia Z al sensor 420 como la distancia a la superficie reflectante secundaria 430 son mínimas, y por tanto el conjunto 400 tiene la distancia focal trasera mínima que se requiere para usar ópticas plegadas. Esto se puede producir cuando el diámetro del sistema de lente 425 aumente hasta el punto en el que el haz reflejado 450 simplemente no se interseque con el sistema de lente 495 y el sensor 405 no se interseque con el sistema de lente 495 y la segunda superficie reflectante 401. En este punto, el diámetro del sistema de lente 425 también puede haber alcanzado su valor máximo.

**[0052]** La altura Z mínima del sistema 490 con óptica plegada está relacionada con la distancia focal trasera mínima, y a partir de la distancia focal mínima trasera se puede calcular el valor máximo para el diámetro del sistema de lente 425. La distancia focal trasera del sistema de lente 495 con óptica plegada se puede calcular añadiendo la distancia a la segunda superficie reflectante 401 y la distancia al sensor 415. En un modo de realización, el campo de visión  $\gamma_H$  puede fijarse en 40 grados, la altura del sensor 405 puede ser de 1,6 mm, y el sensor 405 puede ser un sensor IMpx. La distancia focal trasera puede ser de 2 mm cuando el diámetro de lente 465 sea de 5 mm. En algunos modos de realización, el número de sensores en una matriz de sensores ópticos plegados puede aumentarse para lograr alturas Z inferiores.

**[0053]** En un modo de realización, el sensor 405 puede ser un sensor de 5MP con un píxel de 1,4  $\mu\text{m}$  y el campo de visión  $\gamma_H$  puede ser de 65 grados. La distancia focal efectiva de este modo de realización puede ser de 3,57 mm cuando se enfoque al infinito. De manera similar, la distancia focal efectiva de un modo de realización con un sensor de 8 MP con un paso de píxeles de 1,12  $\mu\text{m}$  también puede ser de 3,57 mm, ya que el sensor puede tener el mismo tamaño físico que el sensor de 5 MP. Es posible que la altura Z del sistema 490 de estos modos de realización sea de aproximadamente 3,9 mm.

**[0054]** Las Figuras 5A y 5B ilustran dos modos de realización de seis matrices de sensores ópticos plegados con los campos de visión correspondientes. Como se analizó anteriormente con respecto a la Figura 4, los montajes de sensor de estos modos de realización pueden comprender cada uno un sensor, un sistema de lente y una superficie reflectante colocada para guiar la luz sobre el sensor. Los espejos centrales analizados en estos modos de realización pueden fabricarse como un montaje de superficies reflectantes independientes o pueden fabricarse como un prisma singular con múltiples superficies reflectantes.

**[0055]** La Figura 5A ilustra otro modo de realización de una matriz de sensores ópticos plegados 500 con una primera fila de montajes de sensor 510, 520 y 530 y una segunda fila de montajes de sensor 540, 550 y 560 alrededor de un espejo central 505. Los montajes de sensor en cada fila pueden hacerse rotar o inclinarse entre sí, de manera que los sensores no estén montados en el mismo plano. Por ejemplo, los montajes de sensor externos 510, 530 y 540, 560 pueden hacerse rotar más o menos aproximadamente 21 grados con respecto a los sensores centrales 520, 550. Los ejes centrales de los conjuntos pueden estar en un plano que sea paralelo a un plano de imagen. Ciertos modos de realización del montaje de sensor 500 pueden medir 11 mm x 12 mm - 4,5 mm (W x L - altura Z). Por supuesto, los modos de realización no están limitados a estas rotaciones, y se contemplan otros grados de rotación.

**[0056]** El espejo central 505 puede comprender seis superficies, comprendiendo cada superficie configurada para redirigir la luz una porción de una escena de la imagen objetivo hacia uno de los montajes de sensor. Por ejemplo, la superficie 570 puede dirigir la luz al montaje de sensor 540, la superficie 580 puede dirigir la luz al montaje de sensor 550, y la superficie 590 puede dirigir la luz al montaje de sensor 560. En un modo de realización, las superficies 570 y 590 pueden angularse a 76 x 31,3 grados (parte superior x parte inferior) y la superficie 580 pueden angularse a 76,4 grados x 0 grados (parte superior x parte inferior). Aunque no es visible en la vista en perspectiva de la Figura 5A, el lado del espejo central 505 puede comprender tres superficies adicionales correspondientes a los montajes de sensor 510, 520 y 530. Un modo de realización puede comprender un espejo complejo con diez facetas, seis de las cuales pueden ser superficies reflectantes. Algunos modos de realización del espejo central pueden comprender un espejo complejo con seis facetas, y otros modos de realización pueden comprender tres espejos independientes en forma de cuña. En otros modos de realización con N sensores, el espejo central puede comprender N superficies, en el que cada una de las N superficies está configurada para dirigir la luz que comprenda una porción de la escena de la imagen objetivo hacia uno de los N sensores.

**[0057]** La Figura 5B ilustra otro modo de realización de una matriz de sensores ópticos plegados 501 en la que seis montajes de sensor 511, 521, 531, 541, 551 y 561 están montados alrededor de un patrón generalmente circular alrededor de un grupo de tres espejos centrales 571, 581 y 591. En algunos modos de realización, puede haber aproximadamente un ángulo de 76 grados entre los montajes de sensor 511 y 541 y los montajes de sensor 531 y 561. Los montajes de sensor pueden montarse en el mismo plano, por ejemplo, en un sustrato sustancialmente plano. En algunos modos de realización, los sensores en los montajes de sensor pueden estar dispuestos perpendiculares a la superficie de montaje. Cada sensor puede ver una parte diferente del campo total.

**[0058]** Los espejos centrales 571, 581 y 591 también pueden montarse en el sustrato. Los espejos centrales 571, 581 y 591 pueden ser un espejo independiente en forma de cuña. La superficie 571 puede dirigir la luz a ambos montajes de sensor 511 y 541. La superficie 581 puede comprender dos superficies reflectantes independientes, una primera superficie que puede dirigir la luz al montaje de sensor 551 y una segunda superficie que puede dirigir la luz al montaje de sensor 521. La superficie 591 puede dirigir la luz a ambos montajes de sensor 531 y 561. Ciertos modos de realización de la matriz de sensores 501 pueden medir 15 mm x 17 mm - 3,6 mm (W x L - altura Z).

**[0059]** En un modo de realización, los sensores en la matriz 501 pueden ser de 5 megapíxeles con un tamaño de píxel de 1,4  $\mu\text{m}$  y una relación de 4:3, y teniendo dimensiones de 3,61 x 2,71 mm (W x H). En otro modo de realización, los sensores pueden ser de 8 megapíxeles con un tamaño de píxel de 1,12  $\mu\text{m}$  y una relación de 4:3, y tener dimensiones de 3,66 x 2,74 mm (W x H). El campo de visión de cada sensor puede ser de 40 grados. El tamaño total de la matriz 501 en ciertos modos de realización puede no ser mayor que 18 x 18 - 2,5 mm (W x L - altura Z). Puede haber una superposición del 5 % al 10 % entre los campos de visión de los distintos sensores a distancias de objeto mayores o iguales a 20 cm. La superposición angular puede ser constante en función de la distancia del objeto, o al menos constante asintóticamente.

**[0060]** Ciertos modos de realización de las matrices 500, 501 pueden emplear un montaje de lente similar al sistema de lente 495 representado en la Figura 4. Todos los sistemas de lente en ciertos modos de realización de la matriz pueden tener la misma distancia focal, diámetro y longitud de la lente, lo que puede producir resultados deseables con respecto a maximizar el área de sensor utilizable. Maximizar el área del sensor utilizable también se puede lograr usando diferentes diseños para los sistemas de lente de los sensores internos y externos. En algunos modos de realización, el diámetro de la lente puede ser de aproximadamente 1,3 mm, y la distancia focal puede ser de aproximadamente 2,7 mm. La longitud máxima posible del sistema de lente puede ser de aproximadamente 2,3 mm, y el diámetro (altura) del sistema de lente puede ser de aproximadamente 1,6 mm. El campo de visión total de la matriz 501 puede ser de 83 grados.

**[0061]** La Figura 5C ilustra un modo de realización de los campos de visión proyectados de los modos de realización de la matriz de sensores ópticos plegados de las Figuras 5A-B. Aunque las configuraciones del sensor y del espejo central son diferentes entre los dos modos de realización de matriz 500, 501, comparten la misma configuración de campo de visión. El campo de visión 515 corresponde a los sensores 510, 511; el campo de visión 525 corresponde a los sensores 520, 521; el campo de visión 535 corresponde a los sensores 530, 531; el campo de visión 545 corresponde a los sensores 540, 541; el campo de visión 555 corresponde a los sensores 550, 551; y el campo de visión 565 corresponde a los sensores 560, 561.

**[0062]** Los campos de visión 515 y 525 pueden compartir una superposición triangular en la que la superposición angular varía entre 1-4 grados en las direcciones X e Y. En algunos modos de realización, la superposición puede ser de más de 4 grados. Por ejemplo, en algunos modos de realización, la superposición puede ser de 10 grados o más en los casos en

que puede ser apropiado como un diseño, basado al menos parcialmente en la eficiencia del uso del área del sensor y la pérdida relacionada. En algunos modos de realización donde la superposición angular es de 3 grados, en los campos de visión de 1 metro 515 y 525, puede tener una superposición que comprenda el 3,3 % del área total capturada de los dos campos de visión superpuestos. Los campos de visión 525 y 535, los campos de visión 545 y 555 y el campo de visión 555 y 565 también pueden compartir una superposición triangular de las mismas especificaciones. Además, los campos de visión 515 y 545 pueden compartir una superposición triangular de 5,1% a 4 grados. Los campos de visión 535 y 565 comparten una superposición similar. Los campos de visión 525 y 555 se superponen sobre la matriz de sensores 500, 501 y pueden compartir 3,3 % a 3 grados. El campo de visión de toda la matriz 500, 501 puede ser de 82 grados. Algunos modos de realización de los campos de visión superpuestos pueden recortarse a una relación de aspecto rectangular de 4:3 596, lo que da como resultado una pérdida del 18,8 %. Otros modos de realización pueden recortarse a una relación de aspecto cuadrado de 1:1 595, lo que da como resultado una pérdida del 11,3 %.

**[0063]** En otros modos de realización, los campos de visión 515 y 525 pueden tener una superposición de 5,2 grados que comprenda el 6,7 % del área total capturada de los dos campos de visión superpuestos. Los campos de visión 525 y 535, los campos de visión 545 y 555 y el campo de visión 555 y 565 también pueden compartir una superposición triangular de las mismas especificaciones. Además, los campos de visión 515 y 545 pueden compartir una superposición triangular de 8,5% a 4,9 grados. Como se sembró, los campos de visión 535 y 565 comparten una superposición similar. Los campos de visión 525 y 555 se superponen sobre la matriz de sensores 500, 501 y pueden compartir 7,5 % a 5,3 grados. Otros modos de realización pueden compartir porcentajes mayores o menores del área capturada en una variedad de ángulos. Algunos modos de realización de los campos de vista superpuestos pueden recortarse a una relación de aspecto rectangular de 4:3 596, lo que da como resultado una pérdida del 24,2 %. Otros modos de realización pueden recortarse a un rectángulo más grande, lo que da como resultado una pérdida del 6,6 %. El campo total de visión puede ser de 76 grados. Sin embargo, estos números se basan en la optimización visual de las áreas de superposición, y varían dependiendo de factores tales como el área de pérdida permitida y la distancia del objeto.

**[0064]** En un modo de realización de la matriz de sensores 500, la superposición centro-centro (525, 555) puede ser del 5 % a 3,7 grados, la superposición lado-lado puede ser del 5,1% a 4 grados, y la superposición centro-lado puede ser del 3,3 % a 3,3 grados. El recorte en una relación de aspecto rectangular de 4:3 puede dar como resultado una pérdida del 18,8 %, mientras que el recorte en el rectángulo más grande posible puede dar como resultado una pérdida del 11,3 %. En un modo de realización de la matriz de sensores 501, la superposición centro-centro (525, 555) puede ser del 5 % a 4,7 grados, la superposición lado-lado puede ser del 5 % a 4 grados, y la superposición centro-lado puede ser del 3,6 % a 2,2 grados. El recorte en una relación de aspecto rectangular de 4:3 puede dar como resultado una pérdida del 19,4 %, mientras que el recorte en el rectángulo más grande posible puede dar como resultado una pérdida del 11,2 %. En otro modo de realización de la matriz de sensores 501, la superposición centro-centro (525, 555) puede ser del 2,4% a 1,6 grados, la superposición lado-lado puede ser del 8 % a 6,2 grados, y la superposición lado-centro puede ser el 6,9 % a 4,3 grados. El recorte en una relación de aspecto rectangular de 4:3 puede dar como resultado una pérdida del 14,2 %, mientras que el recorte en el rectángulo más grande posible puede dar como resultado una pérdida del 14,2 %. El campo total de visión puede ser de 83 grados. En un modo de realización, la imagen final puede ser de alrededor de 19 megapíxeles después del recorte de 4:3.

**[0065]** La limitación de la altura Z total del sistema puede dar como resultado que una porción de cada sensor en la matriz se vuelva inutilizable debido a la altura limitada de cada espejo secundario. Por ejemplo, en un modo de realización de la matriz 501 que emplee montajes de sensor tales como los que se describen en la Figura 4, y en los que la altura Z del sistema se limita a 2,5 mm, los sensores 551 y 521 pueden tener un área utilizable del 54,2 % y los sensores 511, 531, 541 y 561 pueden tener un área utilizable del 52,1 %. La altura del sensor utilizable puede estar alrededor de 2 mm por debajo de la restricción de altura del sistema.

**[0066]** La FIG. 6A ilustra otro modo de realización de una matriz de sensores ópticos plegados 600. La matriz de sensores 6600 con una primera fila de montajes de sensor 610, 620 y 630 y una segunda fila de montajes de sensor 640, 650 y 660 alrededor de un espejo central 505. Los montajes de sensor en cada fila pueden hacerse rotar o inclinarse entre sí, de manera que los sensores no estén montados en el mismo plano. En algunos modos de realización, dicha configuración de sensor proporciona una pluralidad de imágenes rectangulares, ya que el plano de imagen y el plano focal pueden ser paralelos. Ciertos modos de realización de la matriz de sensores 600 pueden medir 12 mm x 15 mm - 4,6 mm (W x L - altura Z).

**[0067]** El espejo central 670 puede comprender seis superficies, comprendiendo cada superficie configurada para redirigir la luz una porción de una escena de la imagen objetivo hacia uno de los montajes de sensor. Algunos modos de realización del espejo central pueden comprender un espejo complejo con seis facetas, y otros modos de realización pueden comprender tres espejos independientes en forma de cuña. Por ejemplo, la superficie 673 puede dirigir la luz al montaje de sensor 640, la superficie 672 puede dirigir la luz al montaje de sensor 650, la superficie 671 puede dirigir la luz al montaje de sensor 560, y la superficie 674 puede dirigir la luz al sensor 630. Aunque no es visible en la vista en perspectiva de la Figura 6A, el lado opuesto del espejo central 505 puede comprender dos superficies adicionales correspondientes a los montajes de sensor 510 y 520. En otros modos de realización con N sensores, el espejo central puede comprender N superficies, en el que cada una de las N superficies está configurada para dirigir la luz que comprenda una porción de la escena de la imagen objetivo hacia uno de los N sensores.

**[0068]** La FIG. 6B ilustra un modo de realización de campos de visión proyectados de la matriz de sensores ópticos plegados 600 de la FIG. 6A. El campo de visión 615 corresponde al sensor 610, el campo de visión 625 corresponde al sensor 620, el campo de visión 635 corresponde al sensor 630, el campo de visión 645 corresponde al sensor 640, el campo de visión 655 corresponde al sensor 650 y el campo de visión 665 corresponde al sensor 660.

**[0069]** Los campos de visión 615 y 625 pueden compartir una superposición rectangular que sea constante en la dirección X e Y constante asintóticamente en la dirección Z. En algunos modos de realización donde la superposición angular es de 1,8 grados, en los campos de visión de 1 metro 615 y 625, puede tener una superposición que comprenda el 3,3 % del área total capturada de los dos campos de visión superpuestos. Los campos de visión 625 y 635, los campos de visión 645 y 655, y los campos de visión 655 y 665 también pueden compartir una superposición rectangular de las mismas especificaciones. Los campos de visión centrales 625 y 655 pueden compartir una superposición rectangular del 5,1 % a 3,4 grados. Los campos de visión laterales 615 y 645, así como 635 y 665, pueden compartir una superposición rectangular del 5 % a 3,6 grados. El recorte a una relación de aspecto rectangular de 4:3 680 puede dar como resultado una pérdida del 15,6 %, y el recorte a una relación de aspecto cuadrado de 1:1 690 puede dar como resultado una pérdida del 4 %.

**[0070]** En otro modo de realización, la superposición angular entre los campos de visión 615 y 625 puede ser de 3-5 grados, y los campos de visión de 1 metro 615 y 625 pueden tener una superposición que comprenda del 4 % al 6 % del área total capturada de los dos campos de visión superpuestos. Los campos de visión 625 y 635, los campos de visión 645 y 655, y los campos de visión 655 y 665 también pueden compartir una superposición rectangular de las mismas especificaciones. Los campos de visión centrales 625 y 655 pueden compartir una superposición rectangular del 6 % al 8 % a 4-8 grados. Los campos de visión laterales 615 y 645, así como 635 y 665, pueden compartir una superposición rectangular del 6% al 9% a 4-10 grados. El recorte a una relación de aspecto rectangular de 4:3 680 puede dar como resultado una pérdida del 17,8 %, y el recorte en un rectángulo más grande puede dar como resultado una pérdida del 4,5 %. El campo de visión total puede estar entre 70 y 120 grados. Sin embargo, estos números se basan en la optimización visual de las áreas de superposición, y varían dependiendo de factores tales como el área de pérdida permitida y la distancia del objeto.

**[0071]** La Figura 7 ilustra otro modo de realización de una matriz de sensores ópticos plegados 700 con una pluralidad de montajes de sensor 705 y una pluralidad de espejos centrales 710. Como se analizó anteriormente con respecto a la Figura 4, cada montaje de sensor puede comprender un sensor, un sistema de lente y una superficie reflectante configurada para redirigir la luz desde el sistema de lente hacia el sensor. En este modo de realización, se ha repetido una matriz de sensores que comprende dos matrices de 3x1 a cada lado de un espejo central 710, de manera que hay una matriz en cascada de 2x2 de las matrices de sensores. Otros modos de realización pueden emplear cualquier configuración de matriz en cascada adecuada.

**[0072]** La Figura 8 ilustra otro modo de realización de un montaje de sensor óptico plegado 800. Esencialmente, los espejos se invierten en posición en comparación con los modos de realización descritos anteriormente. Por ejemplo, la luz que comprende la imagen objetivo incide en dos superficies reflectantes primarias 820, 821 que rodean el sensor 810, 811. La luz se redirige hacia el interior a través de dos montajes de lente 840, 841 y luego se refleja en las superficies reflectantes secundarias centrales 830, 831 y hacia los sensores 810, 811. Los sensores 810, 811 pueden representar sensores individuales o una serie de sensores.

**[0073]** La FIG. 9 ilustra un modo de realización de un proceso de captura de imágenes ópticas plegadas 900. El proceso 900 comienza en la etapa 905, en la que hay una pluralidad de montajes de sensor de imagen. Esta etapa incluye cualquiera de las configuraciones de matriz de sensores analizadas anteriormente con respecto a las imágenes anteriores. Los montajes de sensor pueden incluir, como se analizó anteriormente con respecto a la Figura 4, un sensor, un sistema de lente y una superficie reflectante colocada para redirigir la luz desde el sistema de lente hacia el sensor. El proceso 900 se mueve luego a la etapa 910, en el que al menos una superficie reflectante está montada cerca de la pluralidad de sensores de imagen. Por ejemplo, esta etapa podría comprender montar un espejo central entre dos filas de matrices de sensores, en el que el espejo central comprende una superficie asociada con cada sensor en las matrices.

**[0074]** El proceso 900 hace la transición luego a la etapa 915, en el que la luz que comprende una imagen objetivo de una escena se refleja desde la al menos una superficie reflectante hacia los sensores de imagen. Por ejemplo, una porción de la luz puede reflejarse desde cada una de una pluralidad de superficies hacia cada una de la pluralidad de sensores. Esta etapa puede comprender además pasar la luz a través de un montaje de lente asociado con cada sensor, y también puede incluir reflejar la luz de una segunda superficie sobre un sensor. La etapa 915 puede comprender además enfocar la luz usando el montaje de lente o mediante el movimiento de cualquiera de las superficies reflectantes.

**[0075]** El proceso 900 puede moverse luego a la etapa 920, en la que los sensores capturan una pluralidad de imágenes de la escena de la imagen objetivo. Por ejemplo, cada sensor puede capturar una imagen de una porción de la escena correspondiente al campo de visión de ese sensor. Juntos, los campos de visión de la pluralidad de sensores cubren al menos la imagen objetivo en el espacio del objeto.

**[0076]** El proceso 900 puede hacer la transición luego a la etapa 925 en la que se realiza un procedimiento de combinación de imágenes para generar una imagen única a partir de la pluralidad de imágenes. En algunos modos de

realización, el módulo de combinación de imágenes 240 de la Figura 2 puede realizar esta etapa. Esto puede incluir técnicas de combinación de imagen conocidas. Además, cualquier área de superposición en los campos de visión puede generar una superposición en la pluralidad de imágenes, que se puede usar para alinear las imágenes en el proceso de combinación. Por ejemplo, la etapa 925 puede incluir además la identificación de características comunes en el área de superposición de imágenes adyacentes y el uso de características comunes para alinear las imágenes.

[0077] A continuación, el proceso 900 hace la transición a la etapa 930 en la que la imagen combinada se recorta a una relación de aspecto específica, por ejemplo, de 4:3 o de 1:1. Finalmente, el proceso finaliza después de almacenar la imagen recortada en la etapa 935. Por ejemplo, la imagen se puede almacenar en el almacenamiento 210 de la Figura 2, o se puede almacenar en la memoria de trabajo 205 de la Figura 2 para mostrarla como una imagen de vista previa de la escena de destino.

### **Aclaraciones sobre terminología**

[0078] Los expertos en la técnica apreciarán además que los diversos bloques lógicos, módulos, circuitos y etapas de algoritmo ilustrativos descritos en relación con las implementaciones divulgadas en el presente documento pueden implementarse como hardware electrónico, software informático o combinaciones de ambos. Para ilustrar claramente esta intercambiabilidad de hardware y software, anteriormente se han descrito, en general, diversos componentes, bloques, módulos, circuitos y etapas ilustrativos en términos de su funcionalidad. Que dicha funcionalidad se implemente como hardware o software depende de la solicitud particular y de las restricciones de diseño impuestas en el sistema global. Los expertos en la técnica pueden implementar la funcionalidad descrita de formas distintas para cada solicitud particular, pero no debería interpretarse que dichas decisiones de implementación suponen apartarse del alcance de la presente invención. Un experto en la técnica reconocerá que una porción, o una parte, puede comprender algo menos o igual que un todo. Por ejemplo, una porción de una colección de píxeles puede referirse a una subcolección de esos píxeles.

[0079] Los diversos bloques lógicos, módulos y circuitos ilustrativos descritos en relación con las implementaciones divulgadas en el presente documento pueden implementarse o realizarse con un procesador de uso general, con un procesador de señales digitales (DSP), con un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC), con una matriz de puertas programables por campo (FPGA) o con otro dispositivo de lógica programable, lógica de puertas discretas o de transistores, componentes de hardware discretos o con cualquier combinación de los mismos diseñada para realizar las funciones descritas en el presente documento. Un procesador de uso general puede ser un microprocesador pero, como alternativa, el procesador puede ser cualquier procesador, controlador, microcontrolador o máquina de estados convencional. Un procesador también puede implementarse como una combinación de dispositivos informáticos, por ejemplo, una combinación de un DSP y un microprocesador, una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores junto con un núcleo de DSP o cualquier otra configuración de este tipo.

[0080] Las etapas de un procedimiento o algoritmo descrito en relación con las implementaciones divulgadas en el presente documento se pueden realizar directamente en hardware, en un módulo de software ejecutado por un procesador o en una combinación de los dos. Un módulo de software puede residir en una memoria RAM, una memoria flash, una memoria ROM, una memoria EPROM, una memoria EEPROM, registros, un disco duro, un disco extraíble, un CD-ROM o en cualquier otra forma de medio de almacenamiento no transitorio conocida en la técnica. Un medio de almacenamiento legible por ordenador a modo de ejemplo está acoplado al procesador de manera que el procesador pueda leer información de, y escribir información en, el medio de almacenamiento legible por ordenador. Como alternativa, el medio de almacenamiento puede estar integrado en el procesador. El procesador y el medio de almacenamiento pueden residir en un ASIC. El ASIC puede residir en un terminal de usuario, cámara u otro dispositivo. Como alternativa, el procesador y el medio de almacenamiento pueden residir como componentes discretos en un terminal de usuario, una cámara u otro dispositivo.

[0081] Los títulos se incluyen en el presente documento para referencia y para facilitar la ubicación de diversas secciones. Estos títulos no pretenden limitar el alcance de los conceptos descritos con respecto a los mismos. Dichos conceptos pueden tener aplicabilidad a lo largo de toda la memoria descriptiva.

[0082] La descripción anterior de las implementaciones divulgadas se proporciona para permitir que cualquier experto en la técnica realice o use la presente invención. Diversas modificaciones de estas implementaciones resultarán inmediatamente evidentes para los expertos en la técnica, y los principios genéricos definidos en el presente documento pueden aplicarse a otros aspectos sin apartarse del alcance de la invención. Por tanto, la presente invención no pretende limitarse a las implementaciones mostradas en el presente documento, sino que se le concede el alcance más amplio compatible con los principios y características novedosas divulgados en el presente documento.

## REIVINDICACIONES

1. Un sistema de captura de imágenes para capturar una pluralidad de imágenes parciales, para montarse en una imagen objetivo de una escena, el sistema que comprende:  
una pluralidad de sensores de imagen, teniendo cada uno de la pluralidad de sensores de imagen uno de una pluralidad de campos de visión, comprendiendo cada uno de la pluralidad de campos de visión una porción sustancialmente diferente de la escena;  
una pluralidad de montajes de lente, correspondiendo cada montaje de lente a uno de la pluralidad de sensores de imagen;  
una superficie primaria colocada para dirigir una porción de luz que comprenda uno de la pluralidad de campos de visión hacia uno de la pluralidad de montajes de lente; y  
una pluralidad de superficies secundarias,  
en la que cada uno de la pluralidad de montajes de lente se coloca entre la superficie primaria y uno de la pluralidad de superficies secundarias, de manera que cada uno de la pluralidad de superficies secundarias reciba al menos una porción de la luz de uno de la pluralidad de montajes de lente y dirija la luz recibida hacia uno correspondiente de la pluralidad de sensores de imagen, para enfocar una imagen parcial que corresponda a uno de la pluralidad de campos de visión, y  
en el que cada uno de la pluralidad de sensores de imagen captura una de la pluralidad de imágenes parciales.
2. El sistema de captura de imágenes de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además un sustrato sustancialmente plano.
3. El sistema de captura de imágenes de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la pluralidad de sensores se colocan lateralmente adyacentes entre sí sobre el sustrato.
4. El sistema de captura de imágenes de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la pluralidad de sensores están dispuestos en dos filas sobre el sustrato, y en el que la superficie primaria se coloca entre las dos filas.
5. El sistema de captura de imágenes de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la pluralidad de sensores están dispuestos de manera circular alrededor de la superficie primaria sobre el sustrato.
6. El sistema de captura de imágenes de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la superficie primaria comprende un prisma configurado para reflejar la luz.
7. El sistema de captura de imágenes de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el prisma comprende una pluralidad de facetas, y en el que cada una de la pluralidad de facetas refleja una porción de la luz que comprende uno de la pluralidad de campos de visión hacia uno de la pluralidad de montajes de lente.
8. El sistema de captura de imágenes de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la superficie primaria comprende un espejo; y/o  
en el que cada una de la pluralidad de superficies secundarias comprende una superficie reflectante.
9. El sistema de captura de imágenes de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además un módulo de procesamiento configurado para montar la pluralidad de imágenes parciales en la imagen objetivo.
10. Un procedimiento para capturar una imagen objetivo de una escena, el procedimiento que comprende:  
proporcionar una pluralidad de sensores de imagen, teniendo cada uno de la pluralidad de sensores de imagen uno de una pluralidad de campos de visión, y comprendiendo cada uno de la pluralidad de campos de visión una porción sustancialmente diferente de la escena;  
proporcionar una pluralidad de montajes de lente, correspondiendo cada montaje de lente a uno de la pluralidad de sensores de imagen;  
dirigir la luz hacia la pluralidad de montajes de lente usando una superficie primaria, en la que la superficie primaria se coloca para dirigir una porción de luz que comprenda uno de la pluralidad de campos de visión hacia uno de la pluralidad de montajes de lente;

dirigir la luz desde cada uno de la pluralidad de montajes de lente hacia uno correspondiente de la pluralidad de sensores de imagen usando una pluralidad de superficies secundarias, en la que cada uno de la pluralidad de montajes de lente se coloca entre la superficie primaria y una de la pluralidad de superficies secundarias, de manera que cada una de la pluralidad de superficies secundarias recibe al menos una porción de la luz de uno de la pluralidad de montajes de lente;

enfocar una pluralidad de imágenes parciales que correspondan a la pluralidad de campos de visión usando la pluralidad de montajes de lente, en la que cada uno de los montajes de lente se coloca entre la superficie primaria y una de la pluralidad de superficies secundarias; y

capturar la pluralidad de imágenes parciales, en la que cada una de la pluralidad de imágenes parciales se captura por uno de la pluralidad de sensores de imagen.

- 11.** El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, en el que montar la pluralidad de imágenes parciales comprende:

combinar la pluralidad de imágenes parciales en una imagen combinada; y

recortar la imagen de combinación de acuerdo con una relación de aspecto deseada para producir la imagen objetivo.

- 12.** El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, en el que montar la pluralidad de imágenes parciales comprende:

determinar al menos un área de superposición en la pluralidad de imágenes parciales; y

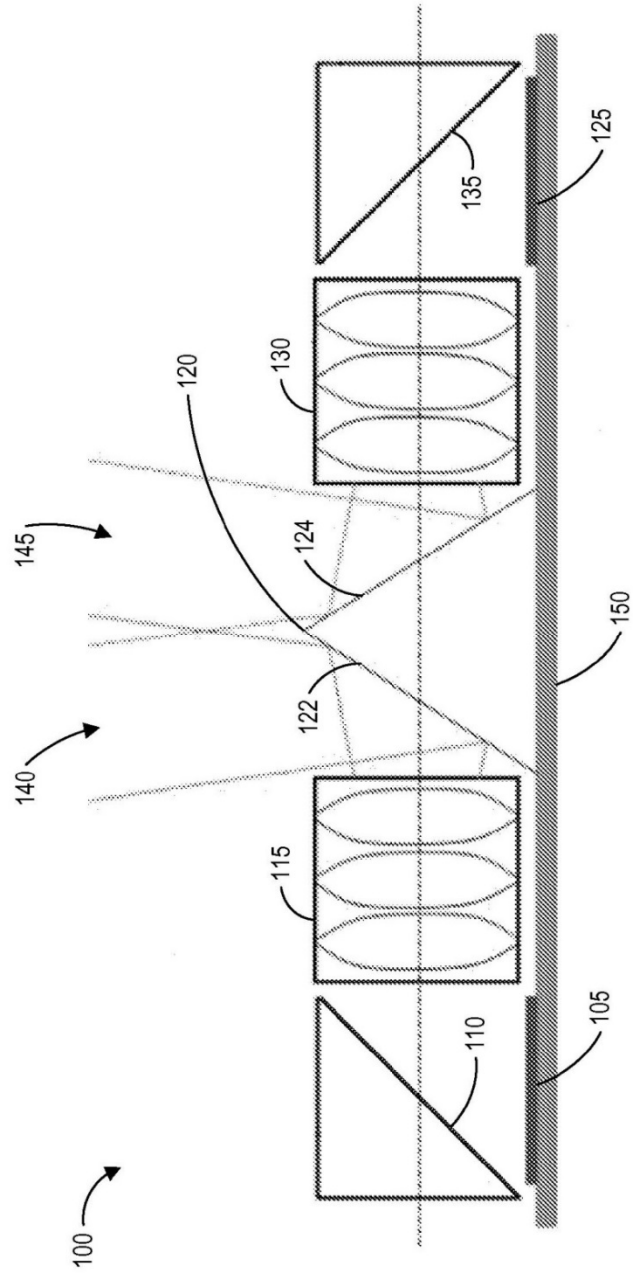
alinear la pluralidad de imágenes parciales basadas al menos parcialmente en la al menos un área de superposición, generando de este modo una imagen alineada que comprende la escena.

- 13.** El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, que comprende además recortar la imagen alineada de acuerdo con una relación de aspecto deseada para producir la imagen objetivo.

- 14.** Procedimiento según la reivindicación 10, que comprende además montar la pluralidad de imágenes parciales en la imagen objetivo.

- 15.** Un medio no transitorio legible por ordenador que comprende instrucciones que, cuando se ejecutan por un procesador, realizan el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14.

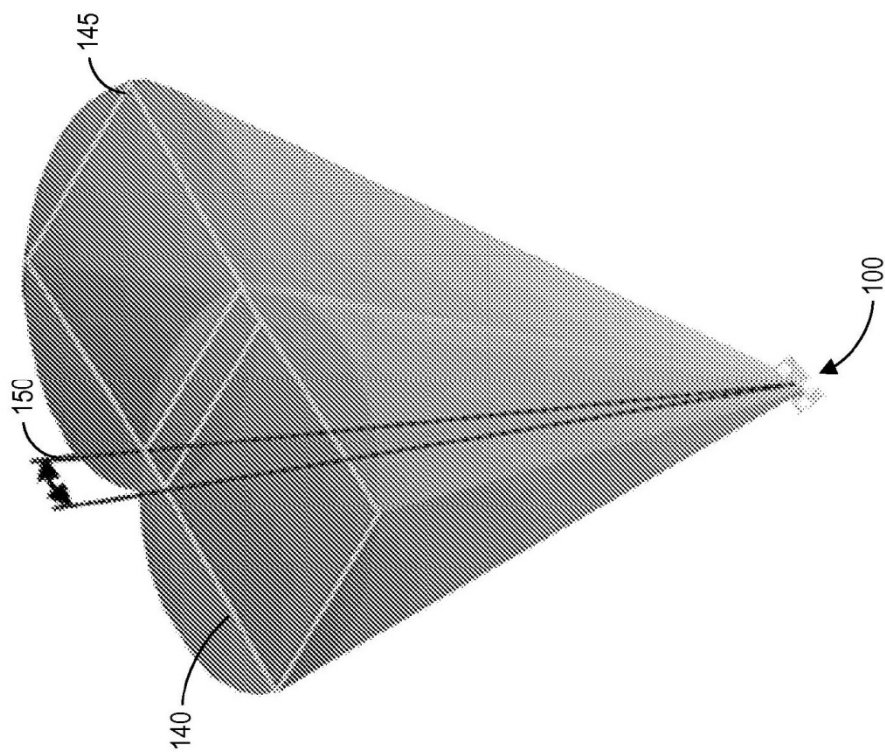
MONTAJE DE SENSOR



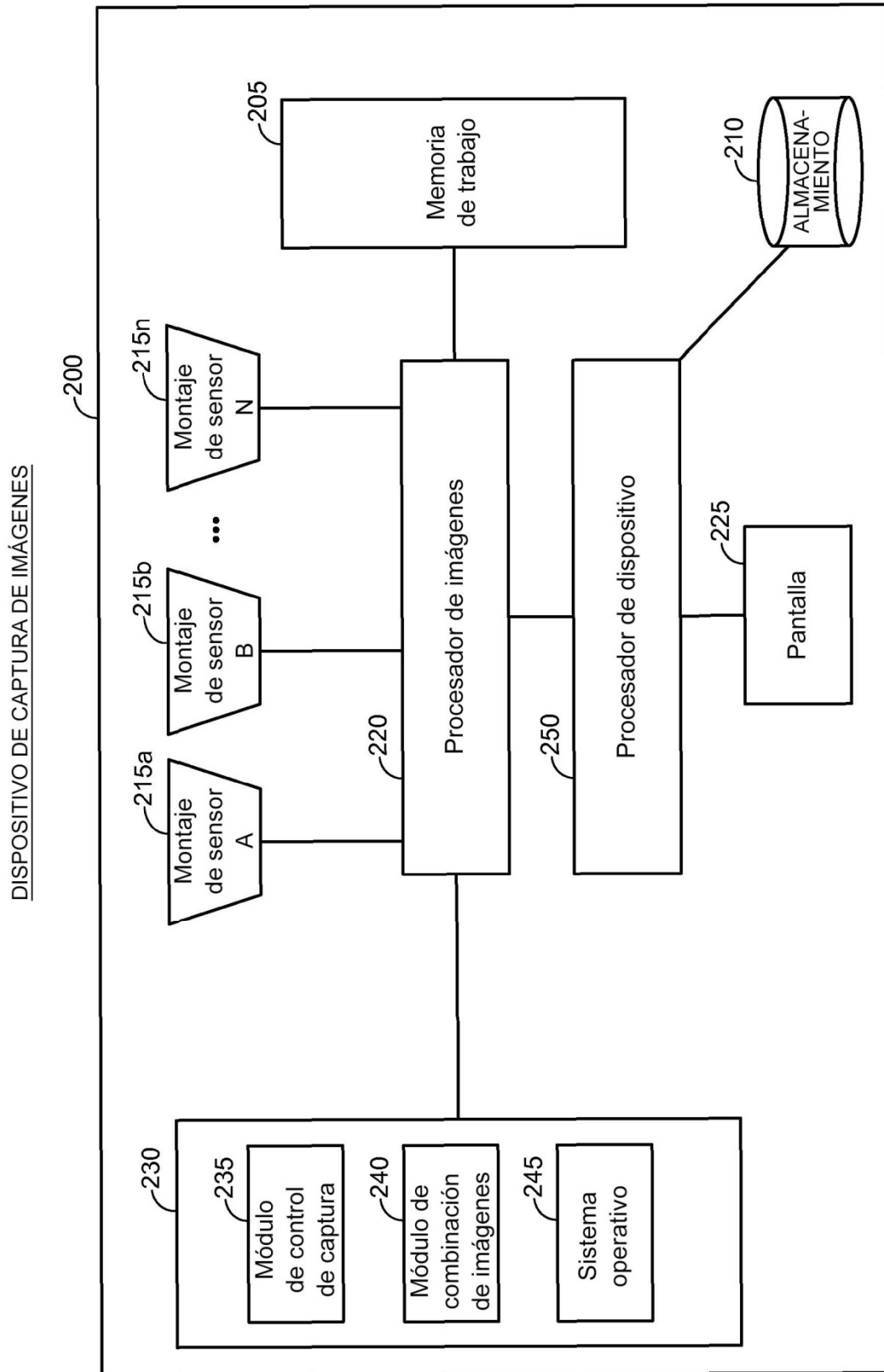
**FIG. 1A**



CAMPOS DE VISIÓN DE SENSOR

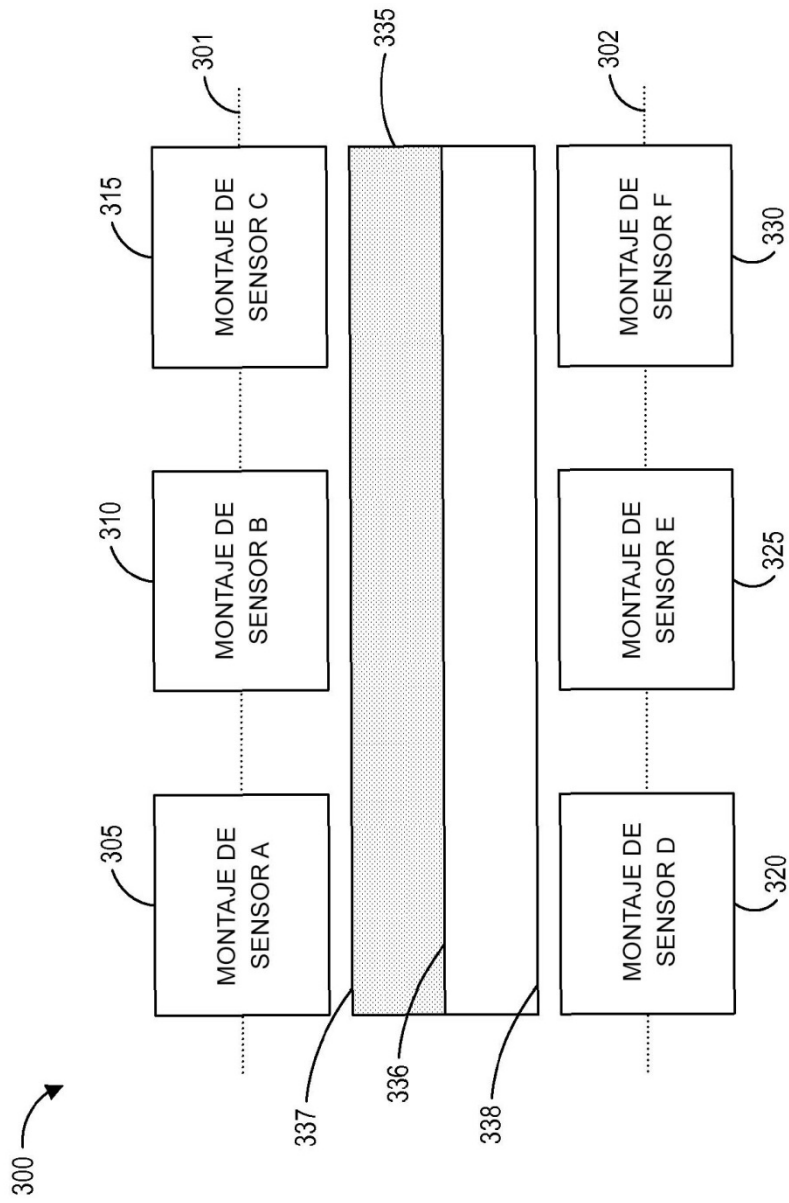


**FIG. 1B**



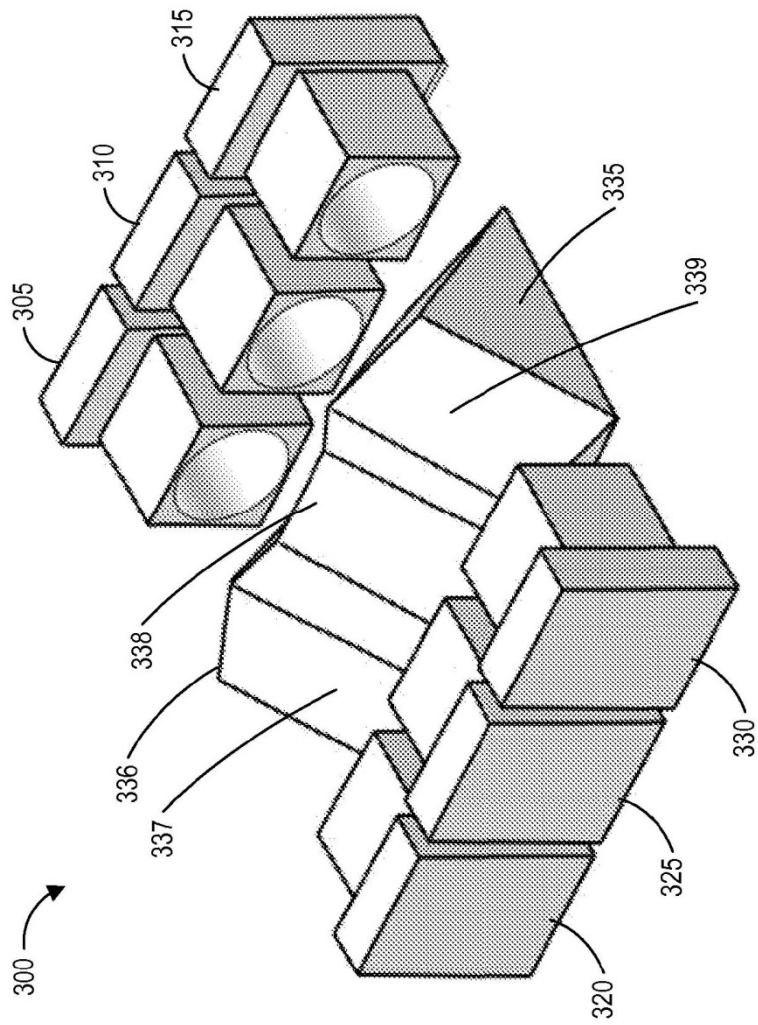
**FIG. 2**

MATRIZ DE SENSORES ÓPTICOS PLEGADOS



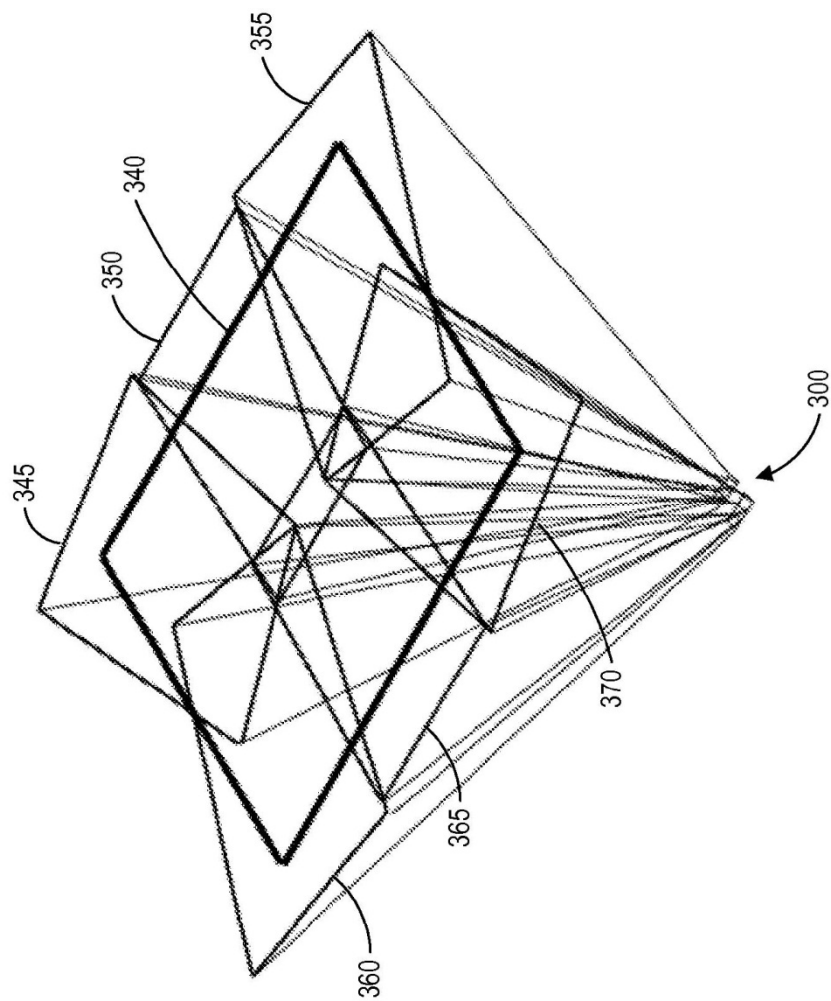
**FIG. 3A**

MATRIZ DE SENSORES ÓPTICOS PLEGADOS



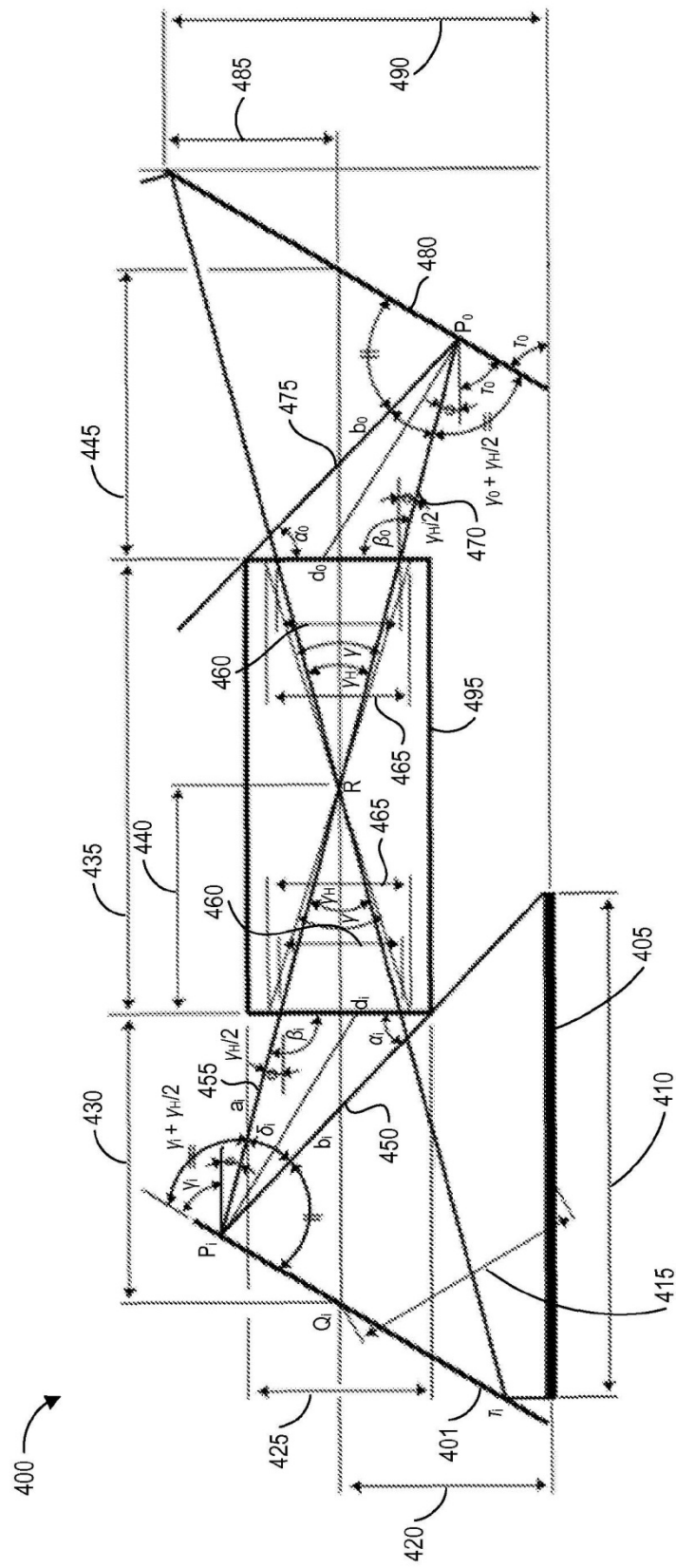
**FIG. 3B**

CAMPOS DE VISIÓN DE SENSOR ÓPTICO PLEGADO



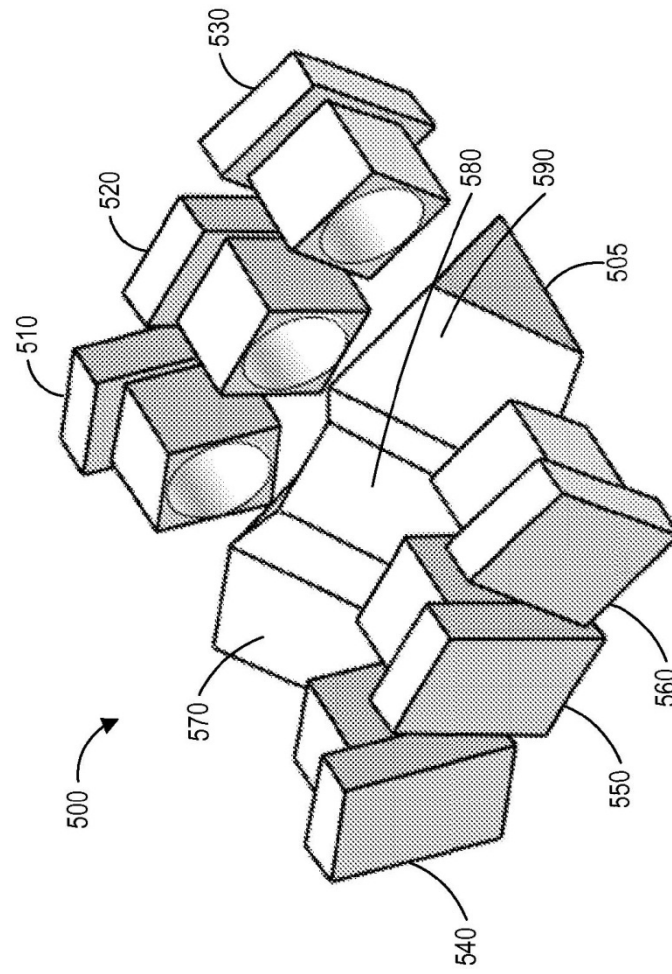
**FIG. 3C**

MONTAJE DE SENSOR OPTICO PLEGADO



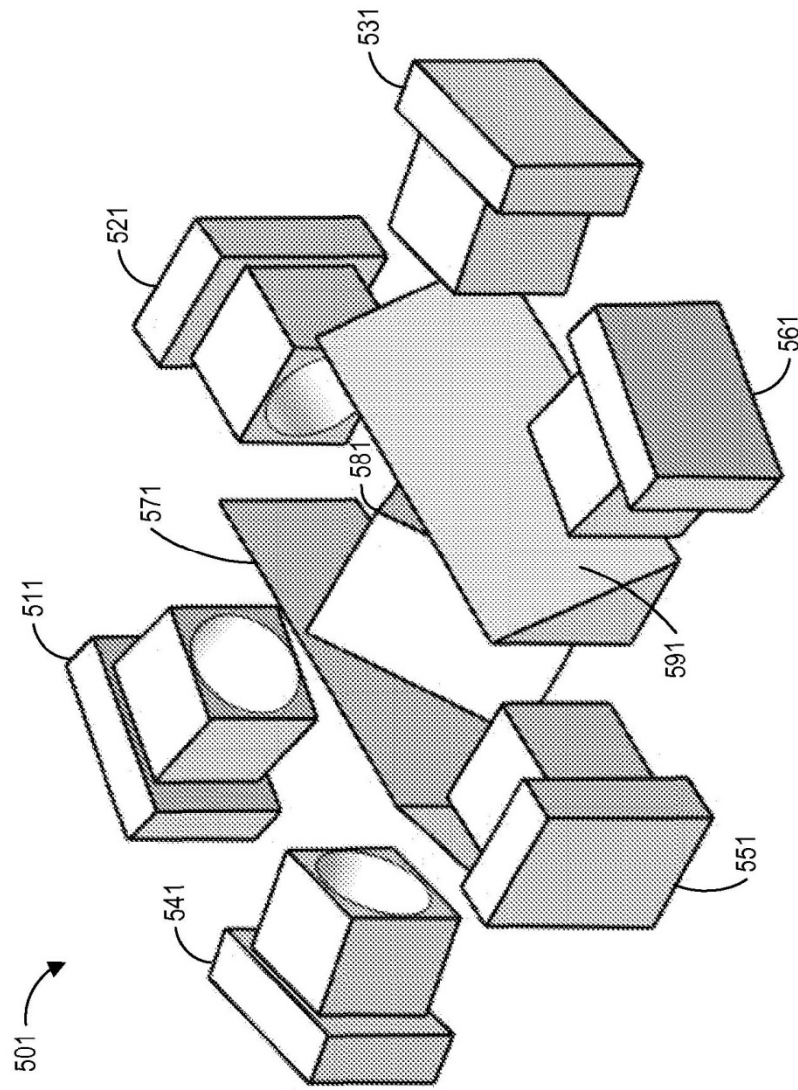
**FIG. 4**

MATRIZ DE SENSORES ÓPTICOS PLEGADOS



**FIG. 5A**

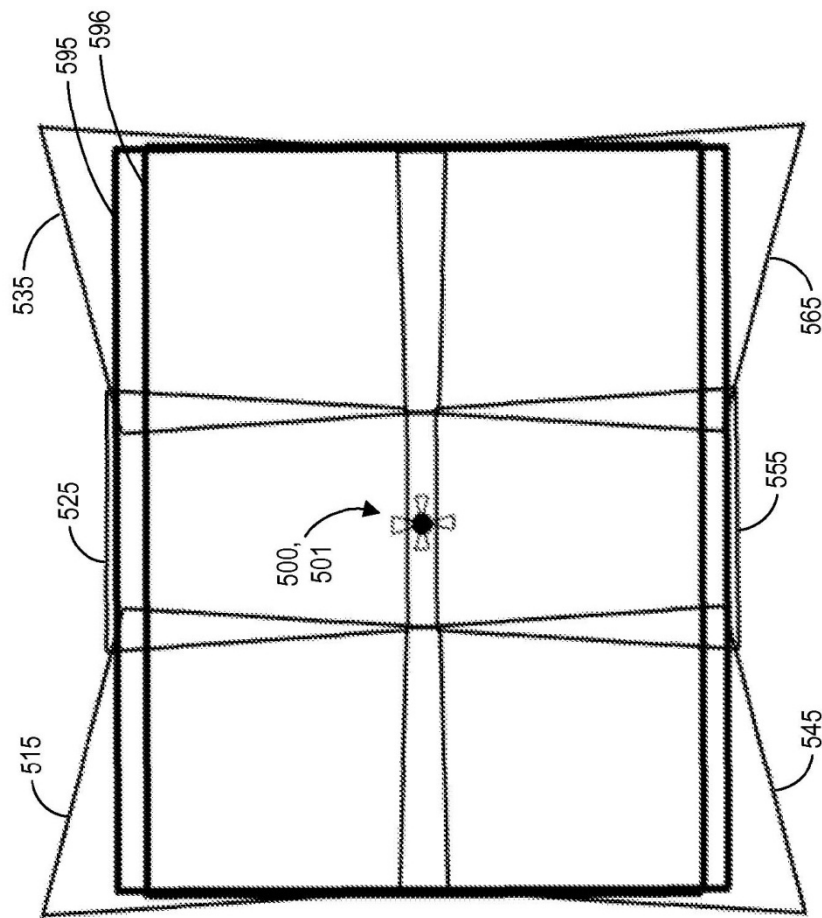
MATRIZ DE SENSORES ÓPTICOS PLEGADOS



**FIG. 5B**



CAMPOS DE VISIÓN DE SENSOR ÓPTICO PLEGADO



**FIG. 5C**

MATRIZ DE SENSORES ÓPTICOS PLEGADOS

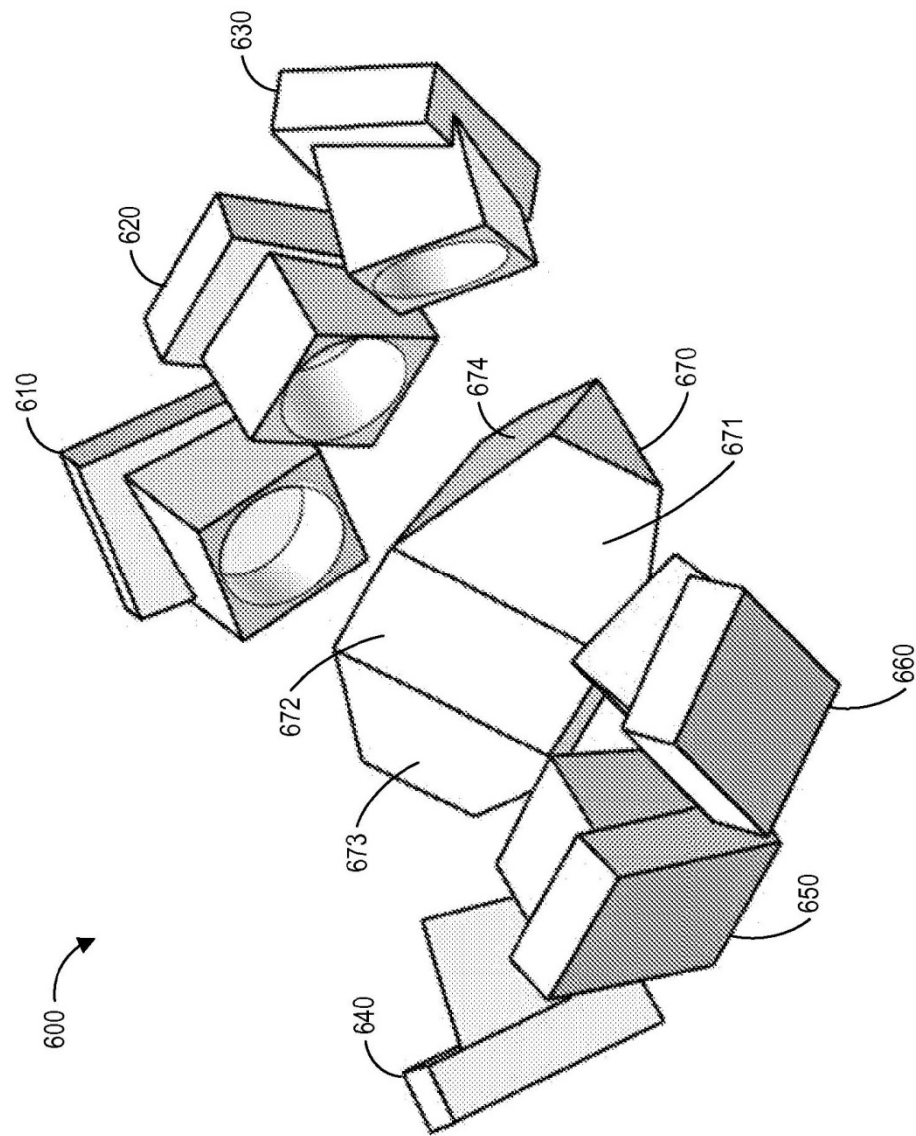
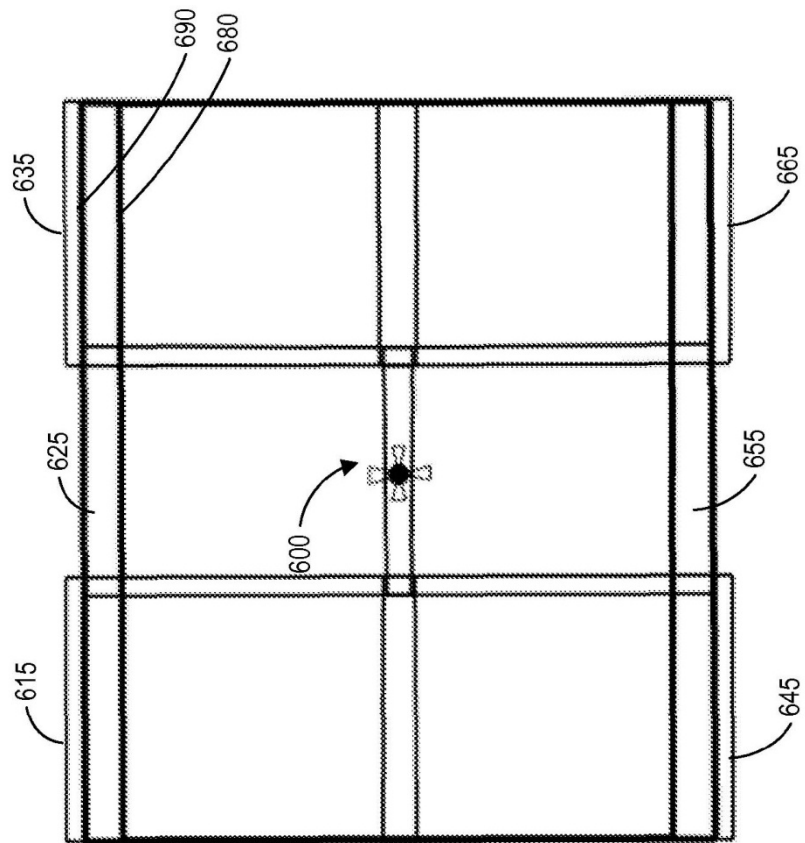


FIG. 6A

CAMPOS DE VISIÓN DE SENSOR ÓPTICO PLEGADO



**FIG. 6B**

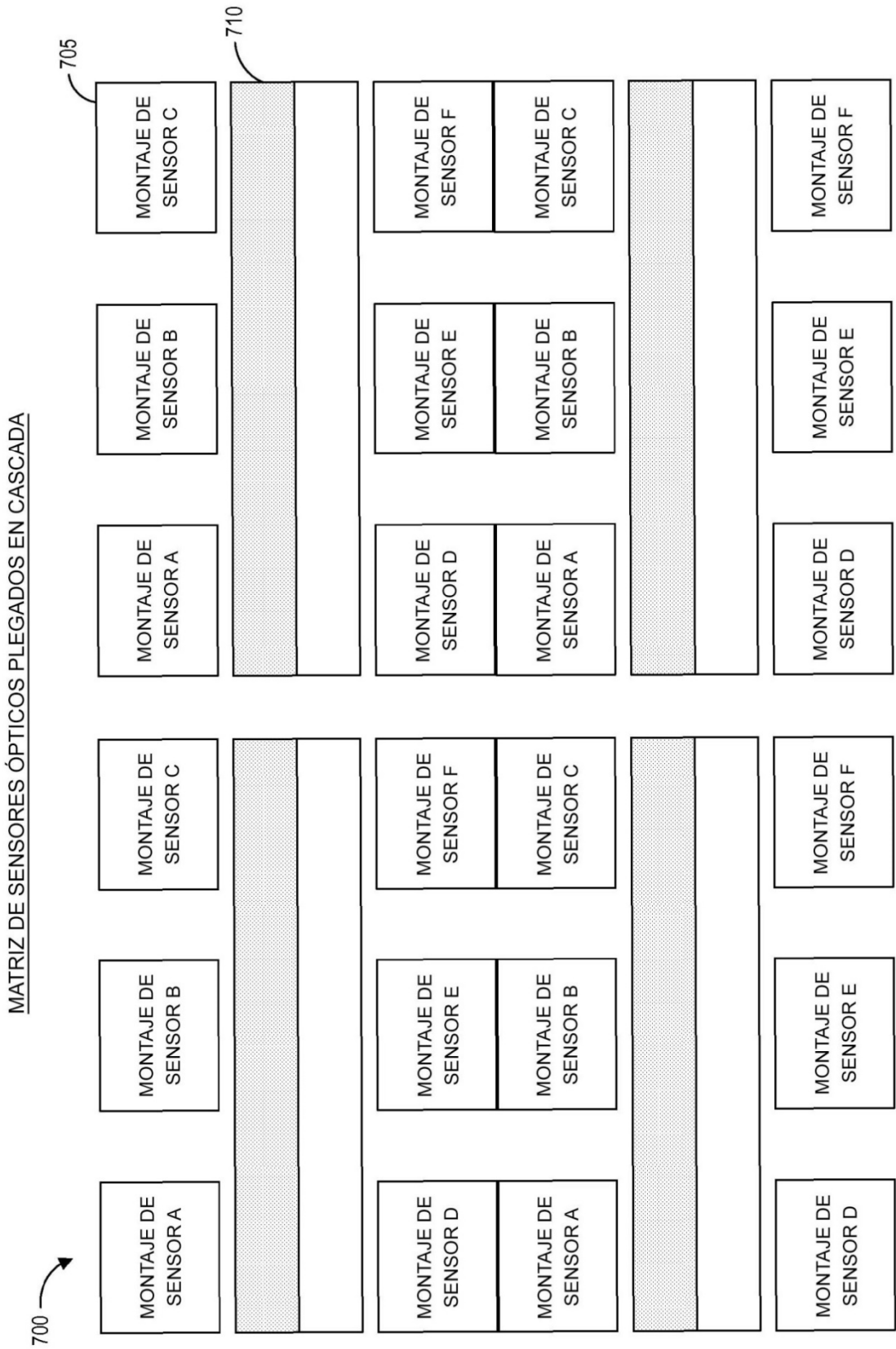
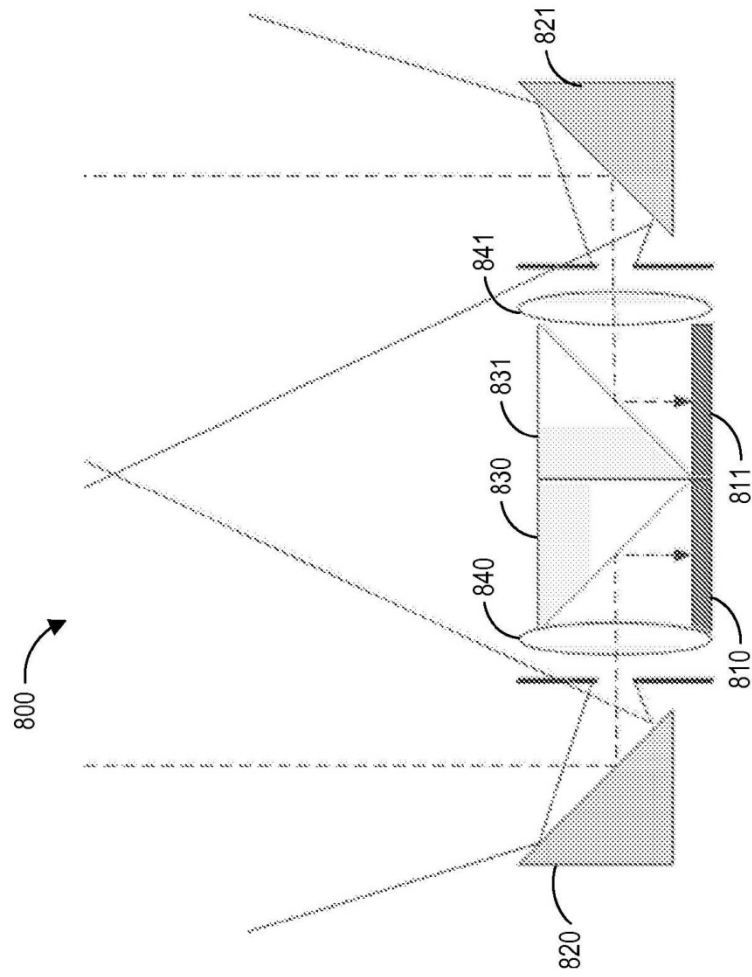
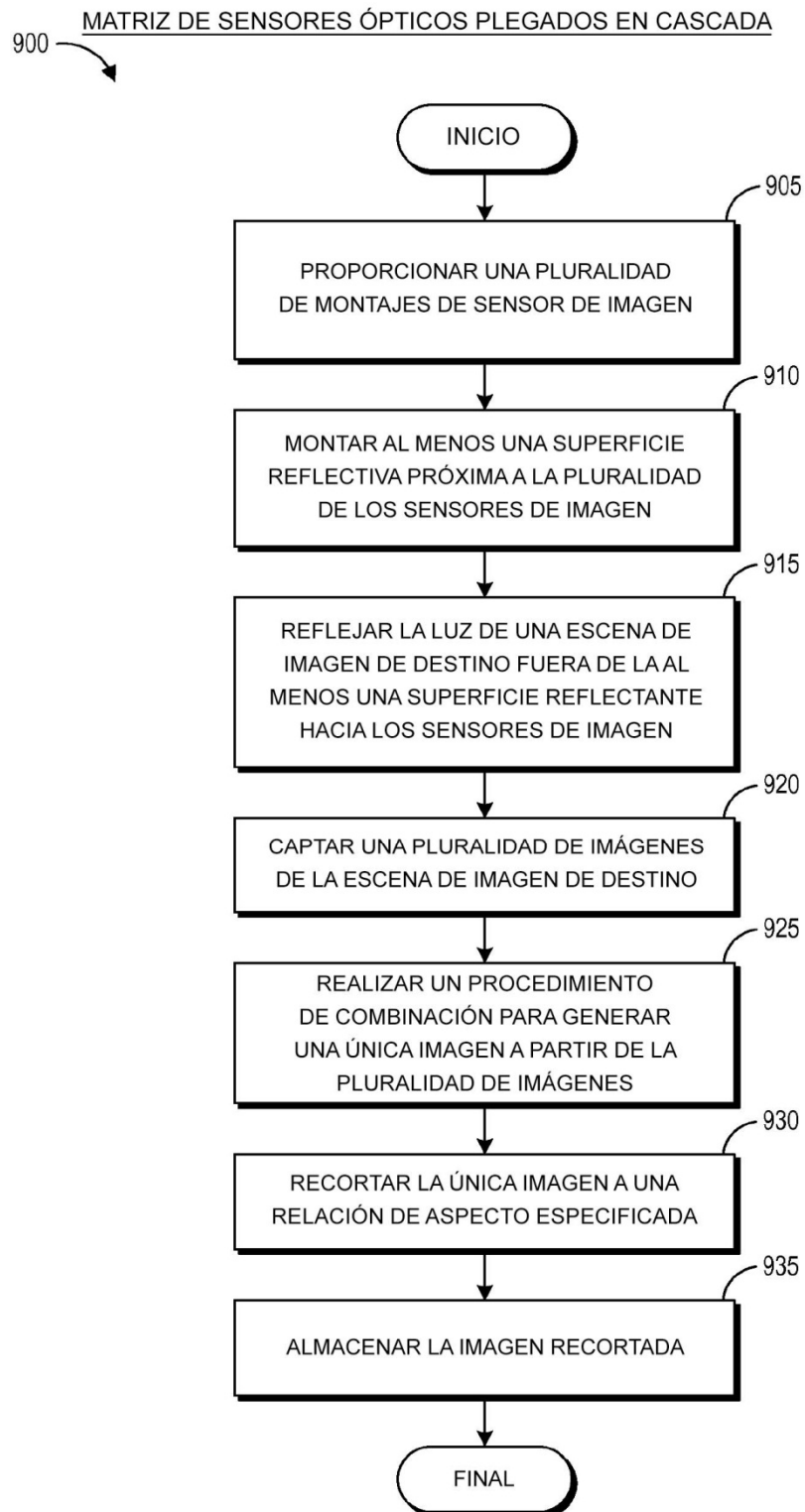


FIG. 7

MATRIZ DE SENSORES ÓPTICOS PLEGADOS



**FIG. 8**



**FIG. 9**