

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 709 942**

51 Int. Cl.:

**G06T 3/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.06.2003** **E 03012636 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.11.2018** **EP 1376467**

54 Título: **Sistema y procedimiento de corrección de imagen digital de gran angular en tiempo real**

30 Prioridad:

**28.06.2002 US 186915**

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

**22.04.2019**

73 Titular/es:

**MICROSOFT TECHNOLOGY LICENSING, LLC**  
**(100.0%)**

**One Microsoft Way**  
**Redmond, WA 98052, US**

72 Inventor/es:

**LIU, ZICHENG y**  
**COHEN, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 709 942 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 procedimiento de corrección de imagen digital de gran angular en tiempo real

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere, en general, a la visualización de imágenes usando un ordenador y, más en particular, a un sistema y un procedimiento de corrección en tiempo real de imágenes que se captan por medio de una cámara de gran angular para mitigar los problemas de distorsión y de percepción que están asociados con tales imágenes.

**Antecedentes de la invención**

10 A menudo se usan cámaras de gran angular para captar escenas grandes. Por lo general, las cámaras de gran angular tienen un campo de visión más grande que aproximadamente 60 grados. Una cámara de gran angular también incluye una cámara panorámica, que es una imagen de cámara de extremadamente gran angular que tiene un campo de visión de hasta 360 grados.

15 Una imagen de gran angular se puede ver usando al menos dos tipos de proyecciones. Una proyección en perspectiva lineal es una imagen que se capta por medio de un objetivo de gran angular que se proyecta sobre un fragmento plano de película. La proyección en perspectiva lineal mantiene rectas las líneas rectas a costa de mantener la forma. Esto da lugar a deformaciones de la perspectiva. La imagen parecería ser correcta y no estar deformada si el espectador de la imagen pusiera su mirada en el centro de la proyección. No obstante, cuando se visualiza la imagen de gran angular con un campo de visión más pequeño, el espectador espera unos aumentos más pequeños de los tamaños de imagen así como una cantidad más pequeña de deformación sobre los planos de imagen a medida que el objeto rota. Esta es la razón por la cual los objetos parecen estar estirados en los bordes. Los cambios en el tamaño, mayores de lo esperado, y la deformación sobre el plano de imagen, hacen que el usuario sienta que la escena no es rígida, como si la escena estuviera nadando en torno al espectador, en particular cuando se visualizan imágenes panorámicas.

25 Una proyección cilíndrica se produce usando una cámara de gran angular que tiene una película curvada y una lente de ranura rotatoria. Las proyecciones cilíndricas son mejores a la hora de mantener la forma que las proyecciones lineales. Además, una proyección cilíndrica mitiga todo movimiento de nado aparente. Incluso a pesar de que la proyección cilíndrica es una mejora en la visualización frente a la proyección lineal, no obstante, siguen encontrándose presentes problemas de distorsión y de percepción. En particular, la proyección cilíndrica curva más de lo necesario las líneas rectas. Además, la proyección cilíndrica elimina, casi completamente, la ilusión de girar la propia cabeza cuando se visualizan imágenes panorámicas.

30 Los problemas de distorsión y de curvatura en las imágenes de gran angular son causados por una falta de coincidencia de campo de visión. En particular, debido al tamaño de visualización limitado en los monitores informáticos y a las distancias de visualización convencionales, el ángulo que es subtendido por la imagen cuando se está viendo es mucho más pequeño que el campo de visión de la cámara que proyectó originalmente la escena en un plano de imagen. Esta falta de coincidencia es la causa de muchos problemas de distorsión y de percepción. Yamamoto T. y col. "*PanoVi: panoramic movie system for real-time network transmission*", 2001 ejemplifica una corrección de ese tipo para la aberración de la lente. No obstante, este no hace mención alguna acerca de un factor de ajuste a escala común que se aplica en las direcciones vertical y horizontal para corregir la profundidad exagerada en la imagen de gran angular al tiempo que se conserva la relación de aspecto de la imagen de gran angular.

35 Un problema relacionado que es causado por un campo de visión más pequeño en el instante de la visualización es el error de percepción de profundidad. Las imágenes de gran angular exageran la disparidad de profundidad entre los objetos cercanos y lejanos. Una indicación visual importante de la profundidad de un objeto en una escena es la relación entre los tamaños de imagen de objetos similares que están colocados en unas ubicaciones cercanas y lejanas (que se denomina relación de escorzo de profundidad). Un campo de visión más pequeño da como resultado una relación de escorzo más pequeña. Por ejemplo, supóngase que una escena contiene dos personas que se encuentran una junto a otra con una persona ligeramente más alejada de la cámara que la otra persona. Si la escena se capta por medio de una cámara de campo de visión ordinaria (de aproximadamente 60 grados) y la misma escena se capta con una cámara de campo de visión de gran angular, el tamaño de los objetos en la escena aparecerá diferente. En particular, con una cámara de campo de visión ordinaria, la persona que se encuentra más alejada de la cámara aparecerá ligeramente más alejada de la cámara que la otra persona. No obstante, con la cámara de campo de visión de gran angular, parecerá que la persona que se encuentra más alejada de la cámara es mucho más pequeña que la otra persona. Debido a esta diferencia de tamaño exagerada, la persona que se encuentra más alejada de la cámara parece encontrarse mucho más alejada de lo que realmente está. Cuando se ve en un monitor informático una imagen de gran angular de una escena profunda (tal como una escena de videoconferencia), el campo de visión del espectador, en general, es mucho más pequeño que el campo de visión de las imágenes reales. Por lo tanto, la profundidad que es percibida por el espectador es mucho más grande que la profundidad real.

Una aplicación en la que se manifiestan estos problemas de distorsión y de percepción es en los sistemas de videoconferencia. A menudo se usan cámaras de gran angular en los sistemas de videoconferencia para captar y transmitir una imagen que contiene todos los participantes que se encuentran presentes en una sala de reuniones. Un problema, no obstante, es que, cuando se visualiza la videoconferencia, la imagen de gran angular exagera la profundidad de la sala. Esto da lugar a que las personas en la parte media de la imagen (que, por lo general, son las más lejanas a la cámara) parezcan muy pequeñas en comparación con otras en la sala debido al escorzo extremo.

Estos problemas de distorsión y de percepción son incluso más evidentes cuando se visualizan imágenes de gran angular con un soporte lógico actual de vista panorámica. A medida que un usuario gira (virtualmente) su cabeza, los objetos ya parecen estar estirados en un borde, entonces se contraen dependiendo de la distancia cuando los mismos pasan por el centro. Por último, los objetos están, una vez más, estirados en el otro borde. Esto hace que parezca que los objetos sólidos se deforman y nadan hacia fuera y entonces hacia dentro a medida que se rota la vista.

Por consiguiente, existe la necesidad de un sistema y un procedimiento de corrección en tiempo real de imágenes que se captan por medio de una cámara de gran angular para mitigar los problemas de distorsión y de percepción que están asociados con tales imágenes.

### **Sumario de la invención**

La invención que se divulga en el presente documento, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas, incluye un sistema, un sistema de medio legible por ordenador y un procedimiento de provisión de una corrección en tiempo real de las imperfecciones de distorsión y de percepción en una imagen de gran angular que se capta por medio de una cámara de gran angular. El sistema y procedimiento de corrección de imagen de gran angular en tiempo real usan una clase de funciones de deformación paramétricas para corregir, de una forma eficaz y eficiente, los errores de distorsión y de percepción en la imagen de gran angular. Además, el sistema corrige los errores de profundidad, tales como aquellos que se encuentran presentes en las aplicaciones de videoconferencia. La corrección de los errores de profundidad permite unas presentaciones de videoconferencia más útiles y significativas. Además, las funciones de deformación paramétricas se pueden usar para eliminar los artefactos de movimiento de nado que tienen lugar cuando se visualizan imágenes de gran angular.

En general, el procedimiento de corrección de imagen de gran angular en tiempo real introduce una imagen de gran angular con defectos, corrige la profundidad exagerada y la distorsión horizontal, y emite una imagen de gran angular corregida. Las correcciones se llevan a cabo usando una clase de funciones de deformación que se diseñan para reducir al mínimo la introducción de unas distorsiones nuevas al tiempo que se supera la mayor parte de los problemas que están asociados con las cámaras de gran angular. Esta nueva clase de funciones de deformación incluye funciones de ajuste a escala uniforme espacialmente variable. En general, el ajuste a escala al nivel local se lleva a cabo al tiempo que se conserva el contexto global. Para las aplicaciones de videoconferencia, esto quiere decir que la deformación realiza un acercamiento de las personas distantes sin distorsionar a cada individuo y conservando el contexto de la sala.

El procedimiento de corrección de gran angular en tiempo real incluye recibir unas coordenadas de píxeles de una imagen de gran angular y llevar a cabo un ajuste a escala vertical y horizontal sobre las coordenadas de píxeles de la imagen de gran angular. El ajuste a escala se lleva a cabo usando las funciones de deformación de imagen paramétricas. Este ajuste a escala produce una tabla de deformación preliminar que se corresponde con una imagen que mantiene las líneas verticales rectas pero puede distorsionar las líneas horizontales. Con el fin de corregir esto, el procedimiento incluye llevar a cabo una corrección de distorsión horizontal sobre la tabla de deformación preliminar. La salida resultante es una tabla de deformación que establece una correlación de las coordenadas de píxeles de imagen corregidas con las coordenadas de píxeles de imagen originales. Dicho de otra forma, la tabla de deformación indica la posición de cada una de las coordenadas de píxeles originales dentro de una imagen de gran angular nueva y corregida. Usando la tabla de deformación, la imagen de gran angular corregida se construye en tiempo real a partir de la imagen de gran angular original. La imagen de gran angular corregida se encuentra virtualmente libre de problemas de distorsión y de percepción.

El ajuste a escala vertical se lleva a cabo de forma individual sobre cada línea de exploración vertical en la imagen usando las funciones de deformación de imagen paramétricas y un factor de deformación. El factor de ajuste a escala principal se calcula usando unas curvas de origen, un factor de deformación, y unas curvas de destino que se calculan a partir de las curvas de origen y el factor de deformación. Un aspecto de la invención hace que las curvas de origen y el factor de deformación sean definidos por un usuario. El factor de ajuste a escala principal se usa para ajustar a escala las coordenadas de píxeles en la dirección vertical. En un sentido virtual, este ajuste a escala vertical "estira" la imagen de gran angular en sentido vertical para la línea de exploración vertical seleccionada en la cantidad del factor de ajuste a escala principal. También se lleva a cabo un ajuste a escala horizontal de la línea de exploración vertical, y este usa el mismo factor de ajuste a escala principal para conservar la relación de aspecto. De forma similar al ajuste a escala vertical, se puede pensar en el ajuste a escala horizontal en un sentido virtual como que "estira" de forma local la línea de exploración vertical de la imagen de gran angular en sentido horizontal en la cantidad del factor de ajuste a escala principal. En un sentido virtual, mediante la aplicación del ajuste a escala vertical y horizontal a la imagen de gran angular original, los inventores de la presente invención obtienen una

imagen corregida preliminar. Para acelerar el cálculo, los inventores de la presente invención generan una tabla de deformación preliminar que establece una correlación de las coordenadas de píxeles preliminares de la imagen corregida preliminar con las coordenadas de píxeles de imagen originales.

5 La distorsión horizontal se corrige al dividir la tabla de deformación preliminar en secciones de acuerdo con las posiciones de las coordenadas de píxeles. Cada una de estas secciones se ajusta a escala en sentido vertical usando factores de ajuste a escala diferentes. En un aspecto de la invención, se define una primera sección como que contiene aquellas coordenadas de píxeles que se corresponden con unos píxeles que están ubicados entre una curva de origen de debajo y una curva de origen de arriba. El factor de ajuste a escala principal se usa entonces para ajustar a escala en sentido vertical las coordenadas de píxeles en esta sección. Las coordenadas de píxeles en otras secciones se ajustan a escala en sentido vertical usando un factor de ajuste a escala secundario, que es un valor diferente del factor de ajuste a escala principal. Con el fin de conservar la continuidad, cada una de las secciones se conecta usando una función de alisamiento. Una vez que se ha llevado a cabo el proceso de corrección de distorsión horizontal sobre las coordenadas de píxeles en la tabla de deformación preliminar, se genera una tabla de deformación. Usando esta tabla de deformación, se lleva a cabo una deformación en tiempo real de una imagen amplia para producir una imagen de gran angular corregida en tiempo real.

Un sistema de corrección de imagen de gran angular en tiempo real de la invención usa el procedimiento que se ha descrito en lo que antecede para proporcionar una corrección y visualización en tiempo real de una imagen de gran angular.

### **Breve descripción de los dibujos**

20 La presente invención se puede entender adicionalmente por referencia a la siguiente descripción y los dibujos adjuntos que ilustran algunos aspectos de la invención. Otras características y ventajas serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de la invención, tomada junto con los dibujos adjuntos, que ilustran, a modo de ejemplo, los principios de la presente invención.

25 Haciendo referencia a continuación a los dibujos, en los que números de referencia semejantes representan partes correspondientes de principio a fin del presente documento:

La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra la visión de conjunto general del sistema de corrección de imagen de gran angular en tiempo real de la invención.

La figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra un aparato informático que es conveniente para llevar a cabo la invención.

30 La figura 3 es un diagrama de bloques que ilustra los detalles del módulo de generación de tabla de deformación del sistema de corrección de imagen de gran angular en tiempo real que se muestra en la figura 1.

La figura 4 es un diagrama de flujo general que ilustra el funcionamiento del sistema de corrección de imagen de gran angular en tiempo real que se muestra en la figura 1.

35 La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra los detalles del módulo de ajuste a escala vertical que se muestra en la figura 3.

La figura 6 ilustra la determinación de la función de deformación por medio de dos conjuntos de curvas.

La figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra los detalles del módulo de ajuste a escala horizontal que se muestra en la figura 3.

40 La figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra los detalles del módulo de corrección de distorsión horizontal que se muestra en la figura 3.

La figura 9 ilustra la función de ajuste a escala vertical y una vista conceptual de la división de las coordenadas de píxeles preliminares en tres secciones.

La figura 10A ilustra una vista en perspectiva de una sala de baile sin corrección alguna.

45 La figura 10B ilustra la misma vista que en la figura 10A después de la aplicación de la función de ajuste a escala SVU.

La figura 11 ilustra la imagen de gran angular cilíndrica resultante que se genera a partir de la cámara de gran angular del ejemplo práctico.

La figura 12 ilustra las curvas tanto de origen como de destino con el factor de deformación,  $\alpha = 0,3$ .

50 La figura 13 ilustra la imagen corregida preliminar del ejemplo práctico, que es un resultado de la aplicación de unas funciones de deformación de ajuste a escala SVU sin una corrección de distorsión horizontal.

La figura 14 ilustra el resultado de la aplicación de las funciones de ajuste a escala SVU con una corrección de distorsión horizontal.

La figura 15 ilustra la imagen de gran angular corregida del ejemplo práctico usando un factor de deformación,  $\alpha = 0,2$ .

55 La figura 16 ilustra la imagen de gran angular corregida del ejemplo práctico usando un factor de deformación,  $\alpha = 0,4$ .

La figura 17 ilustra una proyección en perspectiva de un objeto rectangular que rota en torno a una cámara.

La figura 18A ilustra el concepto de error de percepción de profundidad y muestra una escena que se capta con una cámara de campo de visión ordinaria.

60 La figura 18B muestra la misma escena que en la figura 18A, que se capta con una cámara de gran angular.

La figura 19 ilustra un diagrama bidimensional de las secciones transversales del cilindro regular y el cilindro

elíptico.

La figura 20 ilustra un ejemplo del funcionamiento del procedimiento de corrección de imagen de gran angular en tiempo real tal como se muestra en la figura 4.

### **Descripción detallada de la invención**

5 En la siguiente descripción de la invención, se hace referencia a los dibujos adjuntos, que forman una parte de la misma, y en los que se muestra, a modo de ilustración, un ejemplo específico con el que se puede poner en práctica la invención. Se ha de entender que se pueden utilizar otras formas de realización y que se pueden hacer cambios estructurales sin apartarse del alcance de la presente invención.

#### **I. Visión de conjunto general**

10 La presente invención incluye un sistema y procedimiento de corrección de imagen de gran angular en tiempo real para obtener y procesar imágenes de gran angular de tal modo que la salida es una imagen de gran angular no distorsionada y corregida. El sistema y procedimiento de corrección de imagen de gran angular en tiempo real se puede usar para ver imágenes de gran angular sin el estiramiento, las distorsiones de curvatura y los problemas de profundidad exagerada que asolan las imágenes de gran angular tradicionales. La corrección de la imagen de gran angular se logra usando una nueva clase de funciones de deformación paramétricas. En un aspecto de la invención, estas funciones de deformación paramétricas son funciones de ajuste a escala uniformemente variable (SVU, *Spatially Varying Uniform*) que conservan las perspectivas de ajuste a escala local y corrigen el error de percepción de profundidad. Las funciones de ajuste a escala SVU y los factores de ajuste a escala se usan para llevar a cabo un ajuste a escala vertical y un ajuste a escala horizontal sobre las coordenadas de píxeles de la imagen. Esto produce una tabla de deformación preliminar que establece una correlación de las ubicaciones de píxeles de la imagen corregida preliminar con las coordenadas de píxeles originales. Esta imagen corregida preliminar es una imagen virtual y no se construye en realidad. No obstante, la imagen corregida preliminar mantiene las líneas verticales como líneas rectas pero distorsiona las líneas horizontales. Esta distorsión horizontal se corrige al llevar a cabo una corrección de distorsión horizontal usando las funciones de ajuste a escala SVU y al menos dos factores de ajuste a escala diferentes. Este procesamiento produce una tabla de deformación. La tabla de deformación establece una correlación de las posiciones en una imagen de gran angular corregida con las coordenadas de píxeles originales en la imagen de gran angular distorsionada. Usando la tabla de deformación, la imagen de gran angular corregida se construye en tiempo real a partir de la imagen de gran angular original.

15 La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra la visión de conjunto general del sistema de corrección de imagen de gran angular en tiempo real 100 de la invención. En general, el sistema 100 obtiene una imagen de gran angular 110 e introduce las coordenadas de píxeles de imagen de gran angular 120 que se corresponden con las coordenadas de cada uno de los píxeles dentro de la imagen de gran angular. Las coordenadas de píxeles de imagen de gran angular 120 son procesadas por el sistema de corrección de imagen de gran angular en tiempo real 100 y una imagen de gran angular corregida 130 es la salida.

20 La imagen de gran angular 110 puede ser una imagen única (tal como a partir de una cámara fija) o parte de una secuencia de imágenes (tal como a partir de una cámara de vídeo). Las coordenadas de cada píxel dentro de la imagen de gran angular 110 se obtienen para generar las coordenadas de píxeles de imagen de gran angular 120. Por ejemplo, en un sistema de referencia de coordenadas rectilíneas, las coordenadas de píxeles 120 son unas ubicaciones de (x, y) de cada uno de los píxeles dentro de la imagen de gran angular 110. El módulo de corrección de imagen de gran angular en tiempo real 100 incluye un módulo de generación de tabla de deformación 140, una tabla de deformación 150 y un sistema de deformación de imagen en tiempo real 160.

25 El módulo de generación de tabla de deformación 140 se usa para generar la tabla de deformación 150 usando funciones de deformación de imagen paramétricas. Las coordenadas de píxeles de imagen de gran angular 120 se procesan para crear la tabla de deformación 150. Los detalles del módulo de generación de tabla de deformación 140 se analizan en lo sucesivo. La tabla de deformación 150 contiene las coordenadas de píxeles de imagen de gran angular 120 que se disponen de una forma de tal modo que se corresponden con una ubicación en la imagen de gran angular corregida 130. Por lo tanto, la tabla de deformación 150 determina la nueva ubicación en la imagen de gran angular corregida 130 para las coordenadas de píxeles de imagen de gran angular 120.

30 Una vez que se ha generado la tabla de deformación 150, la imagen de gran angular 110 se recibe como entrada para el sistema de deformación en tiempo real 160. El sistema de deformación de imagen en tiempo real 160 aplica la tabla de deformación 150 a la imagen de gran angular 110 para crear la imagen de gran angular corregida 130. El sistema de deformación en tiempo real 160 crea la imagen de gran angular corregida 130 para cada ubicación en la imagen de gran angular corregida 130 obteniendo los valores de RGB para la imagen de gran angular 110 que está ubicada en las coordenadas de píxeles que están contenidas en la tabla de deformación 150. Por lo tanto, los valores de RGB en las coordenadas de píxeles de gran angular 120 se vuelven a ubicar en la imagen de gran angular corregida 130. La nueva ubicación se determina usando la tabla de deformación 150.

35 El proceso de deformación tiene lugar en tiempo real debido a que la generación de la tabla de deformación quiere decir que todo lo que se requiere para crear la imagen de gran angular corregida 130 es la aplicación de la tabla de

deformación 150 a la imagen de gran angular 110, lo que se puede hacer con rapidez. En resumen, el sistema de corrección de imagen de gran angular en tiempo real 100 genera una tabla de deformación mediante el procesamiento de las coordenadas de píxeles de imagen de gran angular 120 y entonces crea la imagen de gran angular corregida 130 a partir de la imagen de gran angular 110 usando la tabla de deformación 150.

## 5 **II. Entorno operativo a modo de ejemplo**

El sistema de corrección de imagen de gran angular en tiempo real 100 de la presente invención se diseña para funcionar en un entorno informático. Se tiene por objeto que el siguiente análisis proporcione una descripción breve y general de un entorno informático conveniente en el que se puede poner en práctica la invención.

10 La figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra un aparato informático que es conveniente para llevar a cabo la invención. A pesar de que no se requiere, la invención se describirá en el contexto general de las instrucciones ejecutables por ordenador, tales como módulos de programa, que se están ejecutando por medio de un ordenador. En general, los módulos de programa incluyen rutinas, programas, objetos, componentes, estructuras de datos, etc. que llevan a cabo tareas particulares o ponen en práctica tipos de datos abstractos particulares. Además, los expertos en la materia apreciarán que la invención se puede poner en práctica con una diversidad de configuraciones de sistema informático, incluyendo ordenadores personales, ordenadores de servidor, dispositivos de mano, sistemas de múltiples procesadores, electrónica de consumo programable o basada en microprocesadores, PC de red, miniordenadores, ordenadores de gran sistema, y similares. La invención también se puede poner en práctica en entornos informáticos distribuidos en los que las tareas son llevadas a cabo por dispositivos de procesamiento remotos que están enlazados a través de una red de comunicaciones. En un entorno informático distribuido, los módulos de programa se pueden ubicar en unos medios de almacenamiento informático tanto locales como remotos, incluyendo dispositivos de almacenamiento en memoria.

Con referencia a la figura 2, un sistema a modo de ejemplo para poner en práctica la invención incluye un dispositivo informático de propósito general 200. En particular, el dispositivo informático 200 incluye la unidad de procesamiento 202, una memoria de sistema 204 y un bus de sistema 206 que acopla diversos componentes de sistema que incluyen la memoria de sistema 204 con la unidad de procesamiento 202. El bus de sistema 206 puede ser cualquiera de varios tipos de estructuras de bus, incluyendo un bus de memoria o un controlador de memoria, un bus de periféricos y un bus local usando cualquiera de una diversidad de arquitecturas de bus. La memoria de sistema incluye una memoria de solo lectura (ROM, *read only memory*) 210 y una memoria de acceso aleatorio (RAM, *random access memory*) 212. Un sistema básico de entrada / salida (BIOS, *basic input / output system*) 214, que contiene las rutinas básicas que ayudan a transferir información entre los elementos dentro del dispositivo informático 200, tal como durante el arranque, se almacena en la ROM 210. El dispositivo informático 200 incluye adicionalmente una unidad de disco duro 216 para leer a partir de y escribir en un disco duro, que no se muestra, una unidad de disco magnético 218 para leer a partir de o escribir en un disco magnético extraíble 220 y una unidad de disco óptico 222 para leer a partir de o escribir en un disco óptico extraíble 224 tal como un CD-ROM u otros medios ópticos. La unidad de disco duro 216, la unidad de disco magnético 228 y la unidad de disco óptico 222 se conectan al bus de sistema 206 por medio de una interfaz de unidad de disco duro 226, una interfaz de unidad de disco magnético 228 y una interfaz de unidad de disco óptico 230, de forma respectiva. Las unidades y sus medios legibles por ordenador asociados proporcionan un almacenamiento no volátil de instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programa y otros datos para el dispositivo informático 200.

40 A pesar de que el entorno a modo de ejemplo que se describe en el presente documento emplea un disco duro, un disco magnético extraíble 220 y un disco óptico extraíble 224, debería ser apreciado por los expertos en la materia que, en el entorno operativo a modo de ejemplo, también se pueden usar otros tipos de medios legibles por ordenador que pueden almacenar datos a los que puede acceder un ordenador, tales como casetes magnéticos, tarjetas de memoria flash, discos de vídeo digital, cartuchos de Bernoulli, memorias de acceso aleatorio (RAM, *random access memory*), memorias de solo lectura (ROM, *read only memory*), y similares,.

Un número de módulos de programa se pueden almacenar en el disco duro, el disco magnético 220, el disco óptico 224, la ROM 210 o la RAM 212, incluyendo un sistema operativo 232, uno o más programas de aplicación 234, otros módulos de programa 236 (tales como el sistema de eliminación de distorsiones de imagen de gran angular 100) y los datos de programa 238. Un usuario (que no se muestra) puede introducir órdenes e información en el dispositivo informático 200 a través de dispositivos de entrada tales como un teclado 240 y un dispositivo apuntador 242. Además, al dispositivo informático 200 se puede conectar una cámara 243 (tal como una cámara de vídeo) así como otros dispositivos de entrada (que no se muestran) incluyendo, por ejemplo, un micrófono, una palanca de mando, un controlador para juegos, una antena parabólica, un escáner, o similares. A menudo, estos otros dispositivos de entrada se conectan a la unidad de procesamiento 202 a través de una interfaz de puerto serie 244 que se acopla con el bus de sistema 206, pero se pueden conectar por medio de por otras interfaces, tales como un puerto paralelo, un puerto para juegos o un bus serie universal (USB, *universal serial bus*). El monitor 246 (u otro tipo de dispositivo de representación) también se conecta al bus de sistema 206 por medio de una interfaz, tal como un adaptador de vídeo 248. Además del monitor 246, por lo general los dispositivos informáticos tales como ordenadores personales incluyen otros dispositivos de salida periféricos (que no se muestran), tales como altavoces e impresoras.

El dispositivo informático 200 puede funcionar en un entorno en red usando unas conexiones lógicas con uno o más ordenadores remotos, tales como un ordenador remoto 250. El ordenador remoto 250 puede ser otro ordenador personal, un servidor, un encaminador, un PC de red, un dispositivo del mismo nivel u otro nodo de red común y, por lo general, incluye muchos o la totalidad de los elementos que se han descrito en lo que antecede en relación con el dispositivo informático 200, a pesar de que, en la figura 2, solo se ha ilustrado un dispositivo de almacenamiento en memoria 252. Las conexiones lógicas que se ilustran en la figura 2 incluyen una red de área local (LAN, *local area network*) 254 y una red de área extensa (WAN, *wide area network*) 256. Tales entornos de interconexión de redes son comunes en oficinas, redes informáticas a nivel de empresa, intranets e Internet.

Cuando se usa en un entorno de interconexión de redes de LAN, el dispositivo informático 200 se conecta a la red local 254 a través de una interfaz de red o un adaptador 258. Cuando se usa en un entorno de interconexión de redes de WAN, por lo general el dispositivo informático 200 incluye un módem 260 u otros medios para establecer unas comunicaciones a través de la red de área extensa 256, tal como Internet. El módem 260, que puede ser interno o externo, se conecta al bus de sistema 206 por medio de la interfaz de puerto serie 244. En un entorno en red, los módulos de programa que se ilustran en relación con el dispositivo informático 200, o porciones del mismo, se pueden almacenar en el dispositivo de almacenamiento en memoria remoto 252. Se apreciará que las conexiones de red que se muestran son a modo de ejemplo y que se pueden usar otros medios de establecimiento de un enlace de comunicaciones entre los ordenadores.

### III. Detalles del sistema

En general, el sistema de corrección de imagen de gran angular en tiempo real 100 proporciona una corrección en tiempo real de una imagen de gran angular 110. El sistema 100 corrige la curvatura y las distorsiones en las direcciones vertical y horizontal. Además, el sistema 100 corrige problemas de percepción tales como los movimientos de nado y profundidad.

La figura 3 es un diagrama de bloques que ilustra los detalles del módulo de generación de tabla de deformación 140 que se muestra en la figura 1. En particular, el módulo de generación de tabla de deformación 140 incluye un módulo de entrada 300 para introducir las coordenadas de píxeles de imagen de gran angular 120. Estas coordenadas de píxeles 120 representan una ubicación de cada píxel en la imagen de gran angular 110. Se debería hacer notar que la imagen 110 puede ser una imagen única o una de una secuencia de imágenes, tal como una secuencia de vídeo a partir de una cámara de vídeo. El módulo 140 también incluye un módulo de ajuste a escala vertical 310. El módulo de ajuste a escala vertical 310 usa unas funciones de deformación para procesar cada línea de exploración vertical de las coordenadas de píxeles de imagen de gran angular 120 de tal modo que las coordenadas de píxeles de imagen de gran angular 120 se ajustan a escala en una dirección vertical. Desde un punto de vista conceptual, se puede pensar en esto como en un "estiramiento" de la imagen de gran angular 110 en la dirección vertical. Este ajuste a escala vertical corrige en parte la profundidad exagerada en la imagen de gran angular 110.

El módulo de generación de tabla de deformación 140 también incluye un módulo de ajuste a escala horizontal 320 para usar funciones de deformación de imagen paramétricas para ajustar a escala las coordenadas de píxeles de imagen de gran angular 120 en la dirección horizontal. De forma similar al ajuste a escala vertical, desde un punto de vista conceptual se puede pensar en esto como en un "estiramiento" de la imagen de gran angular 110 en la dirección horizontal. Además, el ajuste a escala horizontal se lleva a cabo de forma individual sobre cada línea de exploración vertical de tal modo que se conserva la relación de aspecto de la imagen de gran angular 110.

El módulo de ajuste a escala vertical 310 y el módulo de ajuste a escala horizontal 320 crean una tabla de deformación preliminar que establece una correlación de las coordenadas de píxeles preliminares con las coordenadas de píxeles originales. Esta tabla de deformación preliminar se podría usar para crear una imagen corregida preliminar. Esto no se hace en la práctica, y la imagen corregida preliminar es una imagen virtual. La imagen corregida preliminar tiene las propiedades de que las líneas verticales se mantienen como líneas verticales pero se distorsionan las líneas horizontales.

Con el fin de corregir esta distorsión horizontal, en el módulo de generación de tabla de deformación 140 también se incluye un módulo de distorsión horizontal 330. El módulo de distorsión horizontal 330 ajusta a escala en sentido vertical las coordenadas de píxeles preliminares en la tabla de deformación preliminar en cantidades diferentes dependiendo de la ubicación. La salida del módulo de generación de tabla de deformación 140 es la tabla de deformación 150. La tabla de deformación establece una correlación de las coordenadas de píxeles en la imagen de gran angular corregida 130 con las coordenadas de píxeles de imagen de gran angular originales 120.

### IV. Visión de conjunto operativa de la corrección de imagen de gran angular

El procedimiento de corrección de imagen de gran angular en tiempo real de la presente invención hace uso de una clase paramétrica de funciones de deformación de imagen. Estas funciones de deformación de imagen paramétricas intentan reducir al mínimo los problemas de percepción de imagen que son causados por un espectador que tiene un campo de visión más pequeño que un aparato de formación de imagen. La clase paramétrica de funciones de deformación de imagen se denomina funciones de ajuste a escala uniforme espacialmente variable, o funciones de

ajuste a escala SVU. A pesar de que las funciones de ajuste a escala SVU se pueden asemejar de forma local a una función de ajuste a escala uniforme para conservar las relaciones de aspecto, el factor de ajuste a escala varía a lo largo de la imagen para crear una deformación. Además, la clase de proyecciones conformes puede proporcionar un ajuste a escala uniforme local, pero estas funciones introducen rotaciones, que son perturbadoras desde el punto de vista visual. Las funciones de ajuste a escala SVU evitan las rotaciones y eliminan los movimientos de nado cuando se visualizan imágenes panorámicas.

La figura 4 es un diagrama de flujo general que ilustra el funcionamiento del procedimiento de corrección de imagen de gran angular en tiempo real del sistema de corrección de imagen de gran angular en tiempo real 100 que se muestra en la figura 1. En general, el procedimiento genera una tabla de deformación a partir de las coordenadas de píxeles de imagen de gran angular y procesa una imagen de gran angular usando la tabla de deformación para crear una imagen de gran angular corregida. Más en concreto, las coordenadas de píxeles de imagen de gran angular 120 a partir de la imagen de gran angular 110 se reciben como entrada (el recuadro 400). A continuación, se genera la tabla de deformación 150 (el recuadro 410). Esta tabla de deformación 150 se usa para determinar una ubicación de las coordenadas de píxeles de imagen de gran angular corregidas 130 en las coordenadas de píxeles de imagen de gran angular 120.

Tal como se analiza en detalle en lo sucesivo, la generación de la tabla de deformación 150 incluye un ajuste a escala vertical, un ajuste a escala horizontal y una corrección de distorsión horizontal. El ajuste a escala vertical corrige la profundidad exagerada en la imagen de gran angular 110. Con el fin de corregir la profundidad exagerada, es necesario que los objetos o personas distantes en el centro de la imagen de gran angular 110 se agranden en relación con aquellos objetos o personas que se encuentran cerca de la cámara. Dicho de otra forma, las funciones de deformación deberían ser de tal modo que las mismas realicen un acercamiento del centro más que de los lados al tiempo que se imita de forma local un ajuste a escala uniforme. Las funciones de ajuste a escala SVU mantienen las líneas verticales como líneas verticales.

Con el fin de mantener la relación de aspecto de la imagen de gran angular 110, también se lleva a cabo un ajuste a escala horizontal. En concreto, se usan unas funciones de deformación de imagen paramétricas (tales como unas funciones de ajuste a escala SVU) para llevar a cabo un ajuste a escala horizontal para generar una nueva anchura para cada línea de exploración vertical para la imagen de gran angular 110. A pesar de que las funciones de ajuste a escala SVU mantienen las líneas verticales como líneas verticales, las mismas inducen una determinada cantidad de distorsión vertical. Desde el punto de vista visual, esto se percibe como unas líneas horizontales inclinadas y distorsionadas. A menudo, las escenas contienen unas superficies horizontales cerca de la parte de arriba o la parte de debajo de la imagen, tal como una mesa y un techo en una sala, para las cuales pueden ser perceptibles las distorsiones.

Con el fin de corregir esta distorsión vertical, el procedimiento de corrección de imagen de gran angular en tiempo real incluye adicionalmente llevar a cabo una corrección de distorsión horizontal para corregir la distorsión horizontal en la imagen de gran angular 110. En general, esto se logra mediante la relación de la uniformidad del ajuste a escala vertical y un ajuste a escala de forma no lineal en una ubicación vertical en la imagen de gran angular 110 (tal como a lo largo de una línea de exploración vertical). Después del ajuste a escala vertical, el ajuste a escala horizontal y la corrección de distorsión horizontal, se genera la tabla de deformación 150 que establece una correlación de un píxel en la imagen de gran angular corregida 130 con la imagen de gran angular 110.

Una vez que se ha generado la tabla de deformación 150, la imagen de gran angular 110 se recibe como entrada (el recuadro 420). La imagen de gran angular 110 se deforma entonces en tiempo real para crear la imagen de gran angular corregida 130. La tabla de deformación establece en dónde se ha de hallar un píxel en la imagen de gran angular 110 para cada posición en la imagen de gran angular corregida 130 para producir una imagen de gran angular libre de distorsión.

Con el fin de entender más plenamente el procedimiento de corrección de imagen de gran angular en tiempo real de la invención, se presenta un ejemplo. La figura 20 ilustra un ejemplo del funcionamiento del procedimiento de imagen de gran angular en tiempo real tal como se muestra en la figura 4. En particular, se recibe para su procesamiento la imagen de gran angular 110 que contiene una escena de una videoconferencia que se capta por medio de una cámara de gran angular (que no se muestra).

A continuación, se determinan las coordenadas de cada píxel dentro de la imagen de gran angular 110. En el presente ejemplo, un sistema de coordenadas rectilíneas que tiene un eje vertical Y y un eje horizontal X se construye para aplicarse a la imagen de gran angular 110. La anchura de la imagen de gran angular de origen es  $w$ . Un píxel 2000 a partir de la imagen de gran angular 110 se representa en las coordenadas de píxeles de imagen de gran angular 120 por medio de las coordenadas de píxeles  $(x, y)$  (el recuadro 2010). Se debería hacer notar que  $x$  representa la ubicación horizontal del píxel 2000 a lo largo del eje X e  $y$  representa la ubicación vertical del píxel 2000 a lo largo del eje Y.

La tabla de deformación 150 se genera entonces para determinar una ubicación de las coordenadas de píxeles 2010 dentro de la imagen corregida 130. Tal como se muestra en la figura 20, la tabla de deformación tiene un segundo sistema de coordenadas rectilíneas que tiene un eje vertical Y' y un eje horizontal X'. La anchura de la imagen



corregida 130 es  $w'$ . Usando las funciones de deformación de imagen paramétricas y los factores de ajuste a escala que se describen en detalle en lo sucesivo, las coordenadas de píxeles 2010 se colocan en una ubicación dentro de la imagen corregida para denotar la ubicación de las coordenadas de píxeles en la imagen corregida 130. Tal como se muestra la figura 20, la ubicación de las coordenadas de píxeles 2010 en la tabla de deformación viene dada por las coordenadas de píxeles corregidas  $(x', y')$ . Una vez más, se debería hacer notar que  $x'$  representa la ubicación horizontal de las coordenadas de píxeles 2010 a lo largo del eje  $X'$  e  $y'$  representa la ubicación vertical de las coordenadas de píxeles 2010 a lo largo del eje  $Y'$ .

La imagen corregida 130 se crea en tiempo real mediante el uso de la tabla de deformación para establecer una correlación de la ubicación del píxel 2000 (de la imagen de gran angular 110) con un píxel corregido 2020 que está ubicado en la imagen corregida 130. Una vez que se ha determinado la ubicación del píxel 2000 en la imagen corregida 130, el valor de RGB del píxel 2000 se puede aplicar al píxel corregido 2020 en la imagen corregida 130. De esta forma, la imagen de gran angular 110 se puede corregir en tiempo real para crear la imagen corregida 130 que se encuentra virtualmente libre de distorsión y de otros problemas de percepción que, en general, están asociados con las imágenes de gran angular.

## V. Detalles operativos

El procedimiento de corrección de imagen de gran angular en tiempo real procesa una imagen de gran angular en tiempo real para corregir los problemas de distorsión y de percepción que están asociados con las imágenes de gran angular. El procesamiento de corrección se lleva a cabo usando una clase paramétrica de funciones de deformación de imagen que tienen unos factores de ajuste a escala. Estas funciones de deformación de imagen paramétricas y factores de ajuste a escala se usan para generar una tabla de deformación, que se aplica directamente a la imagen de gran angular. En un aspecto de la invención, la imagen de gran angular es una proyección cilíndrica. Asimismo, en un aspecto de la invención las funciones de deformación de imagen paramétricas son funciones de ajuste a escala SVU.

### Ajuste a escala vertical

La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra los detalles del módulo de ajuste a escala vertical 310 que se muestra en la figura 3. Las coordenadas de píxeles de gran angular 120 se reciben como entrada (el recuadro 500). A continuación, se determinan unas funciones de deformación de imagen paramétricas (tales como unas funciones de ajuste a escala SVU) usando un conjunto de curvas y factores de ajuste a escala. En particular, se especifican unas curvas de origen (el recuadro 510) junto con un factor de deformación (el recuadro 520). Usando estas curvas de origen y el factor de deformación, se calculan unas curvas de destino (el recuadro 530).

La figura 6 ilustra la determinación de la función de deformación por medio de dos conjuntos de curvas: (1) unas curvas de origen; y (2) unas curvas de destino. En un aspecto de la invención, las curvas de origen son dadas por un usuario por medio de una interfaz de usuario simple. Estas curvas de origen proporcionan los parámetros para la función de deformación de imagen paramétrica. A través de la interfaz de usuario, se pide a un usuario que defina dos curvas cúbicas. Estas dos curvas de *origen* definen características horizontales comunes (del mundo real), tales como las partes de arriba de las cabezas de las personas, y el borde de la mesa. Tal como se muestra en la figura 6, se especifican una curva de origen de arriba  $S_t$  y una curva de origen de debajo  $S_b$ .

El factor de deformación,  $\alpha$ , que también puede ser elegido por el usuario, determina cuánto se deforma la imagen. El factor de deformación,  $\alpha$ , se encuentra entre 0 y 1, en donde  $\alpha = 0$  es la ausencia de deformación y  $\alpha = 1$  es la deformación máxima. Desde un punto de vista conceptual, especificar  $\alpha = 0$  dejará la imagen sin retocar, y especificar  $\alpha = 1$  tirará de los píxeles en las curvas de origen hasta las líneas entre los puntos de extremo. Por lo general, el factor de deformación ideal se encuentra aproximadamente a medio camino entre 0 y 1.

Una vez que se han especificado las curvas de origen y el factor de deformación, se pueden calcular las curvas de destino (el recuadro 530). Supóngase que  $y = S_t(x)$  e  $y = S_b(x)$  son las ecuaciones de las curvas de origen de arriba y de debajo, de forma respectiva. Dos curvas de *destino* (a las que se moverán los puntos en la curva de origen) se determinan por medio de las curvas de origen y  $\alpha$ . En concreto, se definen una curva de destino de arriba  $T_t$  y una curva de destino de debajo  $T_b$ . Si se define una ecuación de una línea entre los puntos de extremo de  $S_t(x)$  como  $y = y_t(x)$ , y la ecuación de la línea que conecta los extremos de origen de debajo como  $y = y_b(x)$ , entonces la ecuación de la curva de destino de arriba es  $T_t(x) = (1 - \alpha) S_t(x) + \alpha y_t(x)$ , y  $T_b(x) = (1 - \alpha) S_b(x) + \alpha y_b(x)$ .

Entonces se calcula un factor de ajuste a escala principal,  $r(x)$ , usando las curvas de origen y las curvas de destino (el recuadro 540). En particular, dada cualquier línea de exploración vertical  $x$  tal como se muestra en la figura 6, supóngase que A, B indican sus intersecciones con las curvas de origen, y A', B' las intersecciones con las curvas de destino. La función de ajuste a escala SVU ajustará a escala AB a A'B'. Supóngase que

$$r(x) = \frac{\|A'B'\|}{\|AB\|} \quad (1)$$

$$= \frac{T_t(x) - T_b(x)}{S_t(x) - S_b(x)}$$

La relación,  $r(x)$ , es un factor de ajuste a escala principal para una línea de exploración vertical que está ubicada en la posición horizontal  $x$ . Las coordenadas de píxeles de gran angular 120 de la línea de exploración vertical se ajustan entonces a escala en la dirección vertical usando el factor de ajuste a escala principal,  $r(x)$  (el recuadro 550).

5 Ajuste a escala horizontal

Con el fin de conservar la relación de aspecto, las coordenadas de píxeles de gran angular 120 también se ajustan a escala en la dirección horizontal. Este ajuste a escala horizontal usa el mismo factor de ajuste a escala principal,  $r(x)$ . Dicho de otra forma, al igual que para el ajuste a escala vertical, una línea de exploración vertical también se ajusta a escala en sentido horizontal por medio del factor de ajuste a escala principal,  $r(x)$ , para conservar la relación de aspecto.

La figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra los detalles del módulo de ajuste a escala horizontal que se muestra en la figura 3. Las coordenadas de píxeles de gran angular ajustadas a escala en vertical se reciben como entrada (el recuadro 700). Usando el factor de ajuste a escala principal,  $r(x)$ , las coordenadas de píxeles de gran angular ajustadas a escala en vertical se ajustan a escala en la dirección horizontal (el recuadro 710). Una vez que se han ajustado a escala las coordenadas de píxeles de gran angular ajustadas a escala en vertical 120, la anchura total de una imagen corregida preliminar,  $w'$ , se vuelve

$$w' = \int_0^w r(x)dx \quad (2)$$

en la que  $w$  es la anchura de la imagen de gran angular (o de origen) 110.

A continuación, se genera una tabla de deformación preliminar (el recuadro 720). La tabla de deformación preliminar contiene unas coordenadas de píxeles preliminares. Las coordenadas de píxeles preliminares son las coordenadas de píxeles de gran angular que se han ajustado a escala en sentido vertical y en sentido horizontal. Desde un punto de vista conceptual, las coordenadas de píxeles preliminares se pueden usar para construir una imagen corregida preliminar. Por lo tanto, para cualquier píxel  $(x, y)$  en la imagen de gran angular 110, supóngase que  $(x', y')$  indican su nueva posición en la imagen corregida preliminar. Esto produce,

$$x' = \int_0^x r(x)dx \quad (3)$$

$$y' = T_t(x) + r(x) * (y - S_t(x))$$

La ecuación (3) es la ecuación de establecimiento de correlación directa para la función de ajuste a escala SVU. La función de ajuste a escala SVU no es un ajuste a escala uniforme perfecto por todas partes. Resulta sencillo demostrar que la única función que es un ajuste a escala uniforme perfecto por todas partes es una función de ajuste a escala global uniforme.

La función de ajuste a escala SVU es similar a una proyección sobre una superficie cilíndrica generalizada. No obstante, tal como se muestra en el Apéndice II, una proyección simple de ese tipo no produce un ajuste a escala uniforme de forma local. Es deseable un ajuste a escala uniforme local, y esta carencia de un ajuste a escala uniforme local da lugar a que parezca que los objetos en la imagen corregida preliminar están estirados.

Corrección de distorsión horizontal

Una vez que las coordenadas de píxeles de gran angular 120 se han ajustado a escala en las direcciones vertical y horizontal, se corrige la distorsión horizontal en la tabla de deformación preliminar resultante. La corrección de distorsión horizontal es necesaria debido a que, a pesar de que la clase paramétrica de funciones de deformación de imagen (tales como una función de ajuste a escala SVU) mantiene las líneas verticales como líneas verticales, estas distorsionan las líneas horizontales. Para reducir al mínimo este problema, la uniformidad del ajuste a escala se relaja y se ajusta a escala de forma no lineal en cada línea de exploración vertical.

La figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra los detalles del módulo de distorsión horizontal 330 que se muestra en la figura 3. En general, el módulo 330 divide las coordenadas de píxeles preliminares en la tabla de deformación preliminar en secciones y ajusta a escala cada sección en la dirección vertical de acuerdo con un factor de ajuste a escala específico para esa sección. Los factores de ajuste a escala pueden ser diferentes entre secciones y, por lo general, son diferentes para al menos una sección.

En concreto, el módulo de corrección de distorsión horizontal 330 divide en un primer momento la tabla de deformación preliminar en secciones (el recuadro 800). En un aspecto de la invención, la imagen corregida preliminar se divide, desde un punto de vista conceptual, tal como se muestra en la figura 9. La figura 9 ilustra la función de ajuste a escala vertical y una vista conceptual de la división de la imagen corregida preliminar en tres secciones. Se debería hacer notar que, en la figura 9,  $y$  es la dirección vertical. Haciendo referencia a la figura 9, se define una primera sección 900 entre la curva de origen de debajo  $S_b$  y la curva de origen de arriba  $S_t$ . Otras secciones incluyen secciones fuera de las curvas de origen, incluyendo una segunda sección 910 por debajo de las curvas de origen y una tercera sección 920 por encima de las curvas de origen.

Las coordenadas de píxeles preliminares que están ubicadas en la primera sección 900 entre las curvas de origen se ajustan a escala en la dirección vertical ( $y$ ) usando el factor de ajuste a escala principal,  $r(x)$  (el recuadro 810). Este ajuste a escala en la dirección vertical se lleva a cabo tal como se ha descrito en lo que antecede. Las coordenadas de píxeles preliminares que están ubicadas en las secciones fuera de las curvas de origen (la segunda sección 910 y la tercera sección 920) se ajustan a escala menos en la dirección vertical. Esto se lleva a cabo al especificar en un primer momento un factor de ajuste a escala secundario (el recuadro 820). El factor de ajuste a escala secundario,  $s$ , se muestra en la figura 9 por debajo del factor de ajuste a escala principal,  $r(x)$ . A continuación, las coordenadas de píxeles preliminares que están ubicadas en otras secciones 910, 920 fuera de las curvas de origen se ajustan a escala en la dirección vertical usando el factor de ajuste a escala secundario (el recuadro 830). Se debería hacer notar que el ajuste a escala horizontal sigue siendo el mismo (dicho de otra forma, usando el factor de ajuste a escala principal,  $r(x)$ ) de tal modo que se mantiene la forma rectilínea de las líneas verticales. Con el fin de mantener la continuidad entre secciones, las transiciones entre secciones se realizan mediante la aplicación de un parámetro de alisamiento,  $w$  (el recuadro 840). El parámetro de alisamiento alisa la función de ajuste a escala vertical y conecta suavemente los dispares factores de ajuste a escala cuando la función de ajuste a escala vertical cruza las curvas de origen.

Haciendo referencia a las figuras 6 y 9, considérese la línea vertical en  $x$  que se muestra en la figura 6. Tal como se muestra en la figura 9,  $g(y)$  es la función de ajuste a escala vertical que se puede definir que es el factor de ajuste a escala vertical en cualquier punto  $y$  en esta línea vertical. Se debería hacer notar que  $g(y)$  depende de  $x$ . La función  $g(y)$  es controlada por medio de dos parámetros, el factor de ajuste a escala secundario,  $s$ , y el parámetro de alisamiento,  $w$ . La porción de la línea de exploración vertical a una distancia de más de  $w/2$  con respecto a las curvas de origen se ajusta a escala por medio del factor de ajuste a escala principal,  $r(x)$ , entre las curvas de origen y por medio del factor de ajuste a escala secundario,  $s$ , fuera de las curvas de origen. Los tres segmentos constantes se pegan entre sí por medio de dos funciones polinómicas de ajuste cúbicas en  $[S_t - 0,5 w, S_t + 0,5 w]$ . Cada función polinómica de ajuste cúbica tiene unos extremos con unos valores  $s$  y  $r(x)$  y una pendiente de 0 en ambos extremos.

El parámetro de alisamiento  $w$  controla la continuidad en las curvas de origen. Por ejemplo, si la escena es discontinua en las curvas de origen, se puede elegir una  $w$  muy pequeña sin unos artefactos perceptibles. En el caso especial en el que  $s = r(x)$ ,  $g(y)$  se vuelve una constante, que fue lo que se supuso al obtener la ecuación (3). Una vez que la función de corrección de distorsión horizontal se ha aplicado a la tabla de deformación preliminar, se genera la tabla de deformación 150 que contiene las ubicaciones de las coordenadas de píxeles de gran angular en la imagen de gran angular corregida 130 (el recuadro 850). La tabla de deformación 150 se envía entonces como salida (el recuadro 860). La tabla de deformación se usa para construir la imagen de gran angular corregida 130 a partir de la imagen de gran angular 110.

#### Corrección del error de percepción de visualización de imágenes de gran angular

Se puede pensar en los movimientos de nado como en un tipo especial de error de percepción de profundidad. A medida que la escena rota, el espectador, con un campo de visión más pequeño, observa cambios inesperados en el tamaño de los objetos a medida que estos cruzan el campo de visión. Un objeto parece demasiado grande cuando el mismo entra por primera vez en la vista debido a la distorsión geométrica, luego este es demasiado pequeño en el centro de la vista debido al escorzo exagerado y, por último, es demasiado grande una vez más cuando este sale de la vista. El resultado es que parece que los objetos se alejan del espectador y entonces vuelven hacia el espectador / Dicho de otra forma, parece que el objeto "nada".

La función de ajuste a escala SVU ayuda a corregir los problemas de error de percepción de profundidad. Esto se logra mediante el uso de una función de ajuste a escala SVU simétrica para visualizar imágenes panorámicas. La curva de origen de debajo es la imagen especular de la curva de origen de arriba. Las curvas de origen pasan a través de las esquinas de la imagen y tienen un mínimo (o máximo) en la línea de exploración vertical central. Un parámetro especifica la altura de los puntos centrales y un segundo parámetro es el factor de deformación,  $\alpha$ , tal como se ha analizado en lo que antecede.

Con el fin de ilustrar de forma visual la eficacia del sistema y procedimiento de corrección de imagen de gran angular en tiempo real en la eliminación de los movimientos de nado, se presentan las figuras 10A y 10B. Ambas de las figuras 10A y 10B ilustran una instantánea durante una vista panorámica de una sala de baile con una proyección en perspectiva y un campo de visión de 100 grados. La figura 10A ilustra una vista en perspectiva de la sala de baile sin corrección alguna. La figura 10B ilustra la misma vista que en la figura 10A después de la aplicación de la función de

ajuste a escala SVU. A partir de las figuras 10A y 10B, se puede observar que la imagen está menos distorsionada después del procesamiento usando la función de ajuste a escala SVU. Cabe destacar aún más que, cuando se rota la escena en la figura 10A con una proyección en perspectiva, se observan movimientos de nado y un estiramiento graves en las paredes y las mesas. Después de la aplicación de la función de ajuste a escala SVU, se observa muy poco estiramiento y los movimientos de nado se eliminan virtualmente. El resultado es que la escena parece mucho más estable mientras que se está rotando la escena.

**VI. Ejemplo práctico y resultados**

El siguiente ejemplo práctico se usa para ilustrar los detalles operativos de la invención. El presente ejemplo práctico incluye la puesta en práctica del procedimiento de la figura 4. Se debería hacer notar que el presente ejemplo práctico es solo una forma en la que la invención puede funcionar y usarse, y se proporciona solo para fines ilustrativos.

En el presente ejemplo práctico, el sistema y procedimiento de la invención se puso en práctica en un entorno de videoconferencia. Es necesario que los sistemas de videoconferencia sean capaces de representar un amplio conjunto de vistas para permitir que los espectadores remotos vean a la totalidad de los participantes. Por lo general, estos participantes se sientan en torno a una mesa. Los sistemas actuales usan una cámara de rotación en un plano horizontal - rotación en un plano vertical - acercamiento / alejamiento para proporcionar la posibilidad de visualizar porciones diferentes de la sala. No obstante, estos sistemas actuales no pueden proporcionar una visión de conjunto completa. Los mismos también adolecen de una cierta latencia cuando se realiza una rotación en un plano horizontal para cubrir a un nuevo interlocutor. Con el fin de mitigar estos problemas, se usaron el sistema y procedimiento de corrección de imagen de gran angular en tiempo real de la invención.

Una imagen de gran angular que tiene una proyección cilíndrica se obtuvo usando una cámara de gran angular que está orientada hacia la escena de la videoconferencia. La figura 11 ilustra la imagen de gran angular cilíndrica resultante que se genera a partir de la cámara de gran angular. En la figura 11, obsérvese que la persona en el extremo más lejano de la mesa es extremadamente pequeña. A pesar de que las distorsiones geométricas en torno a los bordes se corrigen por medio de una proyección cilíndrica, hay poca mejora en términos de error de percepción de profundidad. Las personas en el extremo más lejano de la mesa siguen pareciendo muy pequeñas en comparación con las personas cerca de la cámara.

Los resultados a partir del post procesamiento de la imagen en la figura 11 por medio del sistema y procedimiento de corrección de imagen de gran angular en tiempo real se muestran en las figuras 12 - 16. La figura 12 ilustra las curvas tanto de origen como de destino con el factor de deformación,  $\alpha = 0,3$ . La figura 13 ilustra la imagen corregida preliminar que es un resultado de la aplicación de un ajuste a escala vertical y horizontal usando las funciones de ajuste a escala SVU sin una corrección de distorsión horizontal. La figura 14 ilustra el resultado de la aplicación de las funciones de ajuste a escala SVU con una corrección de distorsión horizontal.

Además, se presentan algunos resultados usando diferentes factores de deformación,  $\alpha$ . En concreto, la figura 15 ilustra los resultados con un factor de deformación,  $\alpha = 0,2$ . La figura 16 ilustra los resultados con un factor de deformación,  $\alpha = 0,4$ . Se debería hacer notar que un factor de deformación de  $\alpha = 0$  es una deformación mínima mientras que un factor de deformación de  $\alpha = 1$  es una deformación máxima.

La descripción anterior de la invención se ha presentado para los fines de ilustración y de descripción. No se tiene por objeto que la misma sea exhaustiva o que limite la invención a la forma precisa que se divulga. Son posibles muchas modificaciones y variaciones a la luz de la enseñanza anterior.

**Apéndice I**

Se tiene por objeto que el siguiente análisis proporcione más detalles matemáticos acerca de las causas de las distorsiones evidentes en las imágenes de gran angular.

Artefactos de distorsión de forma y de no rigidez

A medida que los objetos se mueven desde el centro hasta los bordes en una imagen de gran angular, parece que los mismos se distorsionan. La figura 17 ilustra una proyección en perspectiva de un objeto rectangular que rota en torno a la cámara.  $O$  es el centro de la proyección,  $\pi$  es el plano de proyección, y  $f$  es la longitud focal. Supóngase que  $w$  y  $h$  son la anchura y la altura del objeto. Supóngase que el objeto rota desde  $P_1$  hasta  $P_2$ , en donde  $OP_1$  es perpendicular con respecto al plano de imagen y  $\theta$  es el ángulo entre  $OP_2$  y  $OP_1$ . Supóngase que  $d = ||OP_1|| = ||OP_2||$ . En la posición  $P_1$ , su anchura y su altura sobre el plano de imagen son:

$$w_1 = \frac{fw}{d} \tag{4}$$

$$h_1 = \frac{fh}{d} \quad (5)$$

En  $P_2$ , su anchura y su altura (las longitudes de los dos bordes que son adyacentes a  $P_2$ ) sobre el plano de imagen son:

$$w_2 = \frac{fw}{d \cdot \cos^2\theta} \quad (6)$$

$$h_2 = \frac{fh}{d \cdot \cos\theta} \quad (7)$$

Esto produce:

$$w_2 = \frac{1}{\cos^2\theta} \cdot w_1 \quad (8)$$

$$h_2 = \frac{1}{\cos\theta} \cdot h_1 \quad (9)$$

y

$$\frac{w_2}{h_2} = \frac{1}{\cos\theta} \frac{w_1}{h_1} \quad (10)$$

Las ecuaciones (5) y (6) muestran que tanto la anchura como la altura aumentan a medida que el objeto rota desde el centro de la imagen hasta el borde. Cuanto más grande sea el ángulo de campo de visión, mayor será la cantidad de aumento. La ecuación 7 muestra que la imagen del objeto también se deforma (se estira) cuando el objeto rota desde el centro de la imagen hasta el borde. Cuanto más grande sea el ángulo de campo de visión, mayor será la cantidad de deformación. A medida que el campo de visión se aproxima a 90 grados, la relación de deformación  $w_2 / h_2$  se aproxima al infinito.

Las deformaciones de la perspectiva siguen siendo correctas en que, si el espectador de la imagen pone su mirada en O, no parecería que la imagen esté deformada. No obstante, cuando se visualiza la imagen de gran angular con un campo de visión más pequeño, el espectador espera unos aumentos más pequeños de los tamaños de imagen así como una cantidad más pequeña de deformación sobre el plano de imagen a medida que el objeto rota. Esta es la razón por la cual los objetos parecen estar estirados en los bordes. Los dos ángulos que solían subtender unos ángulos iguales ya no lo hacen. Los cambios en el tamaño, mayores de lo esperado, y la deformación sobre el plano de imagen, hacen que el usuario sienta que la escena no es rígida, como si la misma estuviera nadando en torno al usuario.

#### Error de percepción de profundidad

Un problema relacionado que es causado por el campo de visión más pequeño en el instante de la visualización es el error de percepción de profundidad. Las imágenes de gran angular exageran la disparidad de profundidad entre los objetos cercanos y lejanos. Una indicación visual importante de la profundidad de un objeto en una escena es la relación (que se denomina relación de escorzo de profundidad) entre los tamaños de imagen de objetos similares que están colocados en unas ubicaciones cercanas y lejanas. Un campo de visión más pequeño da como resultado una relación de escorzo más pequeña. Esto es evidente en dos fotografías tomadas de dos las personas, una ligeramente más alejada de la cámara que la otra. Las figuras 18A y 18B ilustra el concepto de error de percepción de profundidad. En la figura 18A, se capta una escena con una cámara de campo de visión ordinaria. En la figura 18B, se capta la misma escena con una cámara de gran angular. Tal como se puede observar al comparar las figuras 18A y 18B, la cámara de gran angular (que se muestra en la figura 18B) exagera la diferencia entre los tamaños de las dos las personas y, por lo tanto, parece que la distancia entre las dos personas aumenta en la fotografía que se toma con la cámara de gran angular. En las aplicaciones de videoconferencia, la imagen de cámara de gran angular da como resultado que los participantes distantes sean extremadamente pequeños en la escena.

#### Apéndice II

El siguiente análisis muestra que una proyección sobre una superficie cilíndrica generalizada no produce un ajuste a escala uniforme de forma local. Considérese el ejemplo de la proyección de una vista cilíndrica regular en un cilindro

elíptico (la sección transversal es una elipse). La figura 19 ilustra un diagrama bidimensional de las secciones transversales del cilindro regular y el cilindro elíptico. Supóngase que  $a$  y  $b$  indican los ejes corto y largo de la elipse. Entonces, la ecuación de la elipse es  $x = a \cos(\theta)$  y  $z = b \sin(\theta)$ . La ecuación del círculo es  $x = a \cos(\theta)$  y  $z = b \sin(\theta)$ . Supóngase que  $s'$  y  $s$  indican las longitudes de arco de la elipse y el círculo, de forma respectiva. Entonces,

5

$$\frac{ds'}{d\theta} = \sqrt{\left(\frac{dx}{d\theta}\right)^2 + \left(\frac{dz}{d\theta}\right)^2} \quad (11)$$

$$= \sqrt{a^2 \sin^2 \theta + b^2 \cos^2 \theta} \quad (12)$$

$$\frac{ds}{d\theta} = a. \quad (13)$$

Dado un  $d\theta$  infinitamente pequeño, las longitudes de arco sobre el círculo y la elipse son  $ds$  y  $ds'$ , de forma respectiva. Por lo tanto, el ajuste a escala horizontal local es  $ds' / ds = (a^2 \sin^2 \theta + b^2 \cos^2 \theta)^{1/2} / a$ . Cuando  $\theta = \pi / 2$ , el ajuste a escala horizontal local  $ds' / ds = 1$ , mientras que el ajuste a escala vertical (el eje  $y$ ) es  $b / a$ . Por lo tanto, el ajuste a escala vertical es más grande que el ajuste a escala horizontal y parecerá que los objetos se estiran en sentido vertical. Exactamente lo contrario es cierto cuando  $\theta = 0$ . Su ajuste a escala vertical es 1, mientras que su ajuste a escala horizontal es  $b / a$ . Por lo tanto, parecerá que los objetos cerca de  $\theta = 0$  están estirados en sentido horizontal.

10

15

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento implementado por ordenador para llevar a cabo una corrección en tiempo real de una imagen de gran angular, que comprende:
  - 5 obtener (400, 500) unas coordenadas de píxeles (120) a partir de la imagen de gran angular, que se denominan en lo sucesivo en el presente documento coordenadas de píxeles de imagen de gran angular;
  - generar (410, 850) una tabla de deformación (150) mediante la aplicación de una función de deformación de imagen paramétrica a las coordenadas de píxeles, en el que la función de deformación de imagen paramétrica es una función de ajuste a escala uniforme espacialmente variable, SVU, que se asemeja de forma local a una función de ajuste a escala uniforme y que tiene un factor de ajuste a escala que varía a lo largo de la imagen de gran angular; y
  - 10 deformar (430) la imagen de gran angular en tiempo real usando la tabla de deformación para crear (440) una imagen de gran angular corregida (130), en el que generar una tabla de deformación comprende:
    - 15 procesar cada línea de exploración vertical de la imagen de gran angular de tal modo que a las coordenadas de píxeles de imagen de gran angular de una línea de exploración vertical se les aplica (550) un factor de ajuste a escala ( $r(x)$ ) en la dirección vertical, en el que el factor de ajuste a escala varía a lo largo de la imagen de gran angular;
    - 20 procesar cada línea de exploración vertical de la imagen de gran angular de tal modo que a las coordenadas de píxeles de imagen de gran angular de una línea de exploración vertical a las que se aplicó un factor de ajuste a escala en la dirección vertical, se les aplica (710) el factor de ajuste a escala ( $r(x)$ ) en la dirección horizontal;
    - crear (720) una tabla de deformación preliminar que contiene unas coordenadas de píxeles preliminares; y
    - llevar a cabo (800 - 840) una corrección de distorsión horizontal sobre la tabla de deformación preliminar usando la función de deformación de imagen paramétrica para crear la tabla de deformación.
- 25 2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente calcular (540) el factor de ajuste a escala usando curvas de origen ( $S_t$ ,  $S_b$ ) y curvas de destino ( $T_t$ ,  $T_b$ ).
3. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende adicionalmente:
  - 30 especificar (510) las curvas de origen;
  - especificar (520) un factor de deformación ( $\alpha$ ); y
  - calcular (530) las curvas de destino usando las curvas de origen y el factor de deformación.
4. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que las curvas de origen comprenden adicionalmente una curva de origen de debajo ( $S_b$ ) y una curva de origen de arriba ( $S_t$ ).
5. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que las curvas de destino comprenden adicionalmente una curva de destino de debajo ( $T_b$ ) y una curva de destino de arriba ( $T_t$ ).
- 35 6. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que llevar a cabo una corrección de distorsión horizontal comprende adicionalmente:
  - dividir (800) la tabla de deformación preliminar en una pluralidad de secciones; y
  - ajustar a escala (810 - 830) las coordenadas de píxeles preliminares contenidas en cada una de las secciones en la dirección vertical usando al menos dos factores de ajuste a escala diferentes.
- 40 7. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el que los al menos dos factores de ajuste a escala diferentes incluyen un factor de ajuste a escala principal ( $r(x)$ ) y un factor de ajuste a escala secundario ( $s$ ).
8. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente ajustar los factores de ajuste a escala para corregir la distorsión horizontal.
9. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente definir (510 - 530) curvas de origen y curvas de destino para determinar las funciones de ajuste a escala SVU.
- 45 10. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, en el que las curvas de origen son definidas por un usuario.
11. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente hacer que un usuario defina un factor de deformación que especifica una cantidad de deformación que se aplica a la imagen de gran angular.
12. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, en el que ajustar los factores de ajuste a escala comprende adicionalmente definir un factor de ajuste a escala vertical para controlar el ajuste a escala horizontal.
- 50 13. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que:
  - llevar a cabo (800 - 840) una corrección de distorsión horizontal sobre la tabla de deformación preliminar comprende

corregir la distorsión horizontal mediante la aplicación de la función de deformación de imagen paramétrica y el factor de ajuste a escala a la tabla de deformación preliminar para generar la tabla de deformación.

14. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende adicionalmente:

5 aplicar la tabla de deformación a la imagen de gran angular para determinar la ubicación de las coordenadas de píxeles de la imagen de gran angular en una imagen de gran angular corregida; y  
 aplicar un valor de RGB para cada una de las coordenadas de píxeles de la imagen de gran angular a la imagen de gran angular corregida.

10 15. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el factor de ajuste a escala se calcula usando unas curvas de origen que son especificadas por un usuario y unas curvas de destino que se calculan a partir de las curvas de origen.

16. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, en el que corregir la distorsión horizontal comprende adicionalmente aplicar un factor de ajuste a escala secundario.

17. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:

15 dividir (800) la tabla de deformación preliminar en una pluralidad de secciones, conteniendo cada sección al menos algunas de las coordenadas de píxeles preliminares;  
 especificar (820) un factor de ajuste a escala secundario ( $s$ ) que es diferente del factor de ajuste a escala ( $r(x)$ ); y  
 20 ajustar a escala en sentido vertical (810, 830) cada una de la pluralidad de secciones usando el factor de ajuste a escala para las coordenadas de píxeles preliminares en un primer conjunto de secciones de la pluralidad de secciones y el factor de ajuste a escala secundario para las coordenadas de píxeles preliminares en un segundo conjunto de secciones de la pluralidad de secciones para corregir la distorsión horizontal.

18. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 17, que comprende adicionalmente calcular (540) el factor de ajuste a escala usando una curva de origen de debajo, una curva de origen de arriba, una curva de destino de debajo y una curva de destino de arriba.

25 19. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 18, en el que la curva de origen de debajo, la curva de origen de arriba, la curva de destino de debajo y la curva de destino de arriba son curvas cúbicas.

20. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 18, en el que dividir comprende adicionalmente crear una primera sección que contiene coordenadas de píxeles preliminares que se corresponden con píxeles en la imagen de gran angular que están ubicados entre la curva de origen de arriba y la curva de origen de debajo.

30 21. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 20, en el que el primer conjunto de secciones es la primera sección, y en el que ajustar a escala en sentido vertical comprende adicionalmente usar el factor de ajuste a escala para ajustar a escala la primera sección en la dirección vertical.

35 22. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 21, en el que el segundo conjunto de secciones incluye cada una de la pluralidad de secciones excepto la primera sección, y en el que ajustar a escala en sentido vertical comprende adicionalmente usar el factor de ajuste a escala secundario para ajustar a escala el segundo conjunto de secciones en la dirección vertical.

23. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 17, que comprende adicionalmente usar una función de alisamiento para conectar (840) cada una de la pluralidad de secciones.

24. Un medio legible por ordenador que tiene instrucciones ejecutables por ordenador para llevar a cabo el procedimiento descrito en la reivindicación 1.

40 25. El medio legible por ordenador de acuerdo con la reivindicación 24, que tiene adicionalmente instrucciones ejecutables por ordenador para una corrección y visualización en tiempo real de una imagen de gran angular, que comprende:

generar la tabla de deformación que contiene las coordenadas de los píxeles dentro de la imagen de gran angular, que comprende adicionalmente:

45 especificar (510) unas curvas de origen ( $S_t$ ,  $S_b$ ) en la imagen de gran angular;  
 especificar (520) un factor de deformación ( $\alpha$ ) que se corresponde con una cantidad de deformación que se aplica a las coordenadas de píxeles de imagen de gran angular;  
 calcular (530) unas curvas de destino ( $T_t$ ,  $T_b$ ) usando las curvas de origen y el factor de deformación;  
 50 calcular (540) el factor de ajuste a escala ( $r(x)$ ) usando las curvas de origen y las curvas de destino; y  
 usar el factor de ajuste a escala para ajustar a escala las coordenadas de píxeles de imagen de gran angular para generar la tabla de deformación.



26. El medio legible por ordenador de acuerdo con la reivindicación 25, en el que el factor de deformación es un número entre 0 y 1, inclusive.
27. El medio legible por ordenador de acuerdo con la reivindicación 25, en el que las curvas de origen incluyen una curva de origen de arriba y una curva de origen de debajo, definiendo la curva de origen de arriba una característica horizontal en una parte de arriba de la imagen de gran angular y definiendo la curva de origen de debajo una característica horizontal en una parte de debajo de la imagen de gran angular.
28. Un sistema de corrección de imagen de gran angular en tiempo real (100) para corregir defectos de percepción y distorsión en una imagen de gran angular (110), que comprende:
- una tabla de deformación que especifica una ubicación dentro de la imagen de gran angular de cada píxel en la misma;
  - un módulo de generación de tabla de deformación (140) que usa unas funciones de deformación de imagen paramétricas, en el que una función de deformación de imagen paramétrica es una función de ajuste a escala uniforme espacialmente variable, SVU, que se asemeja de forma local a una función de ajuste a escala uniforme y que tiene un factor de ajuste a escala que varía a lo largo de la imagen de gran angular;
  - una tabla de deformación (150) generada a partir del módulo de generación de tabla de deformación que contiene las coordenadas de píxeles de imagen de gran angular; y
  - un sistema de deformación de imagen en tiempo real (160) que aplica la tabla de deformación a la imagen de gran angular para crear una imagen de gran angular corregida (130), en el que el módulo de generación de tabla de deformación comprende adicionalmente:
    - un módulo de entrada (300) que recibe las coordenadas de píxeles de imagen de gran angular (120);
    - un módulo (310) que está configurado para procesar cada línea de exploración vertical de la imagen de gran angular de tal modo que a las coordenadas de píxeles de imagen de gran angular de una línea de exploración vertical se les aplica un factor de ajuste a escala ( $r(x)$ ) en la dirección vertical, en el que el factor de ajuste a escala varía a lo largo de la imagen de gran angular;
    - un módulo (320) que está configurado para:
      - procesar cada línea de exploración vertical de la imagen de gran angular de tal modo que a las coordenadas de píxeles de imagen de gran angular de una línea de exploración vertical a las que se aplicó un factor de ajuste a escala en la dirección vertical, se les aplica el factor de ajuste a escala ( $r(x)$ ) en la dirección horizontal, y
      - crear una tabla de deformación preliminar que contiene unas coordenadas de píxeles preliminares; y
      - un módulo de corrección de distorsión horizontal (330) que está configurado para llevar a cabo una corrección de distorsión horizontal sobre la tabla de deformación preliminar usando la función de deformación de imagen paramétrica para crear la tabla de deformación.
29. El sistema de corrección de imagen de gran angular en tiempo real de acuerdo con la reivindicación 28, que comprende adicionalmente curvas de origen y curvas de destino que se usan para calcular el factor de ajuste a escala.
30. El sistema de corrección de imagen de gran angular en tiempo real de acuerdo con la reivindicación 28, en el que el módulo de generación de tabla de deformación comprende adicionalmente: un factor de ajuste a escala secundario para llevar a cabo una corrección de distorsión horizontal.
31. El sistema de corrección de imagen de gran angular en tiempo real de acuerdo con la reivindicación 28, que está dispuesto para llevar a cabo el procedimiento descrito en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 23.

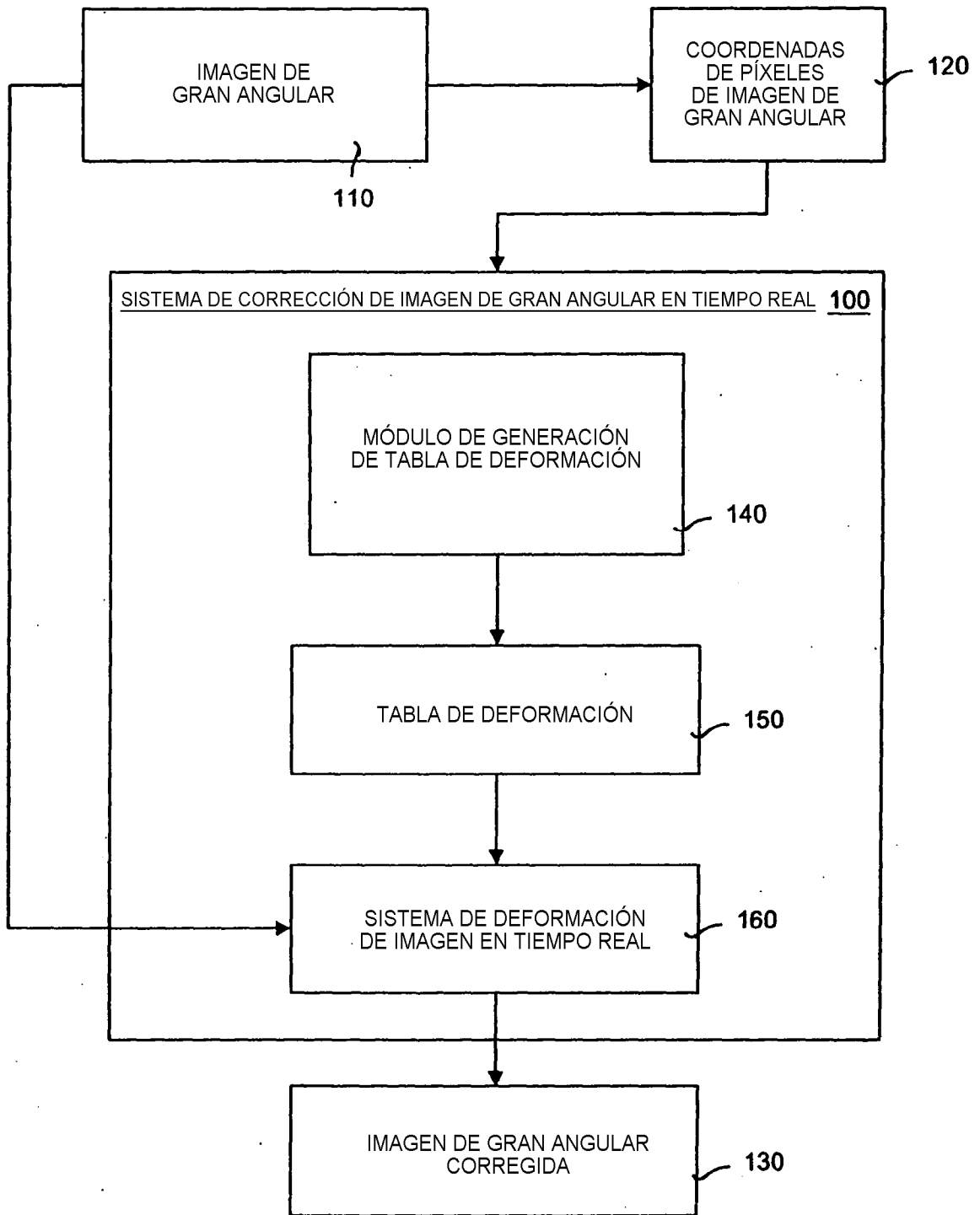


FIG. 1

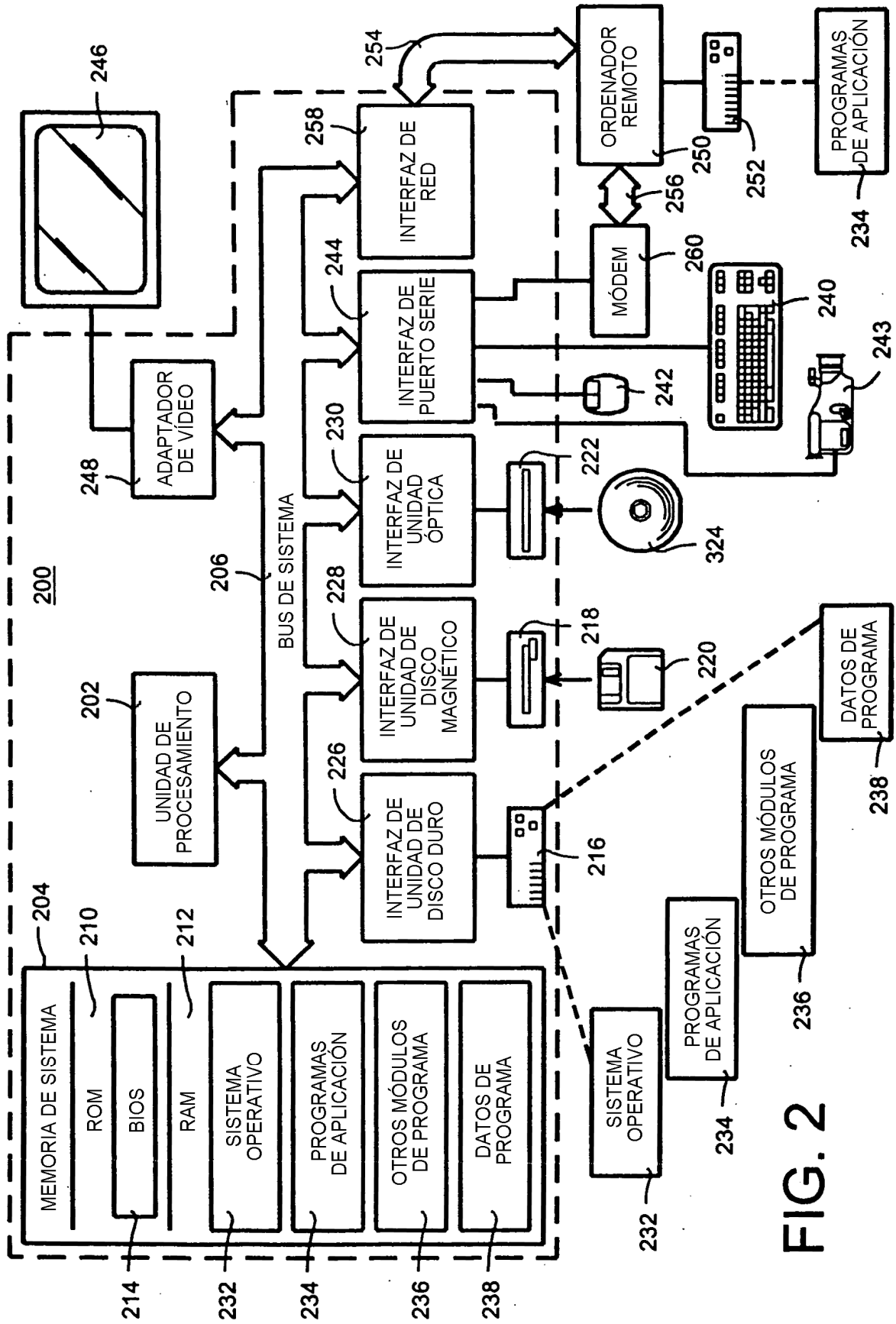


FIG. 2

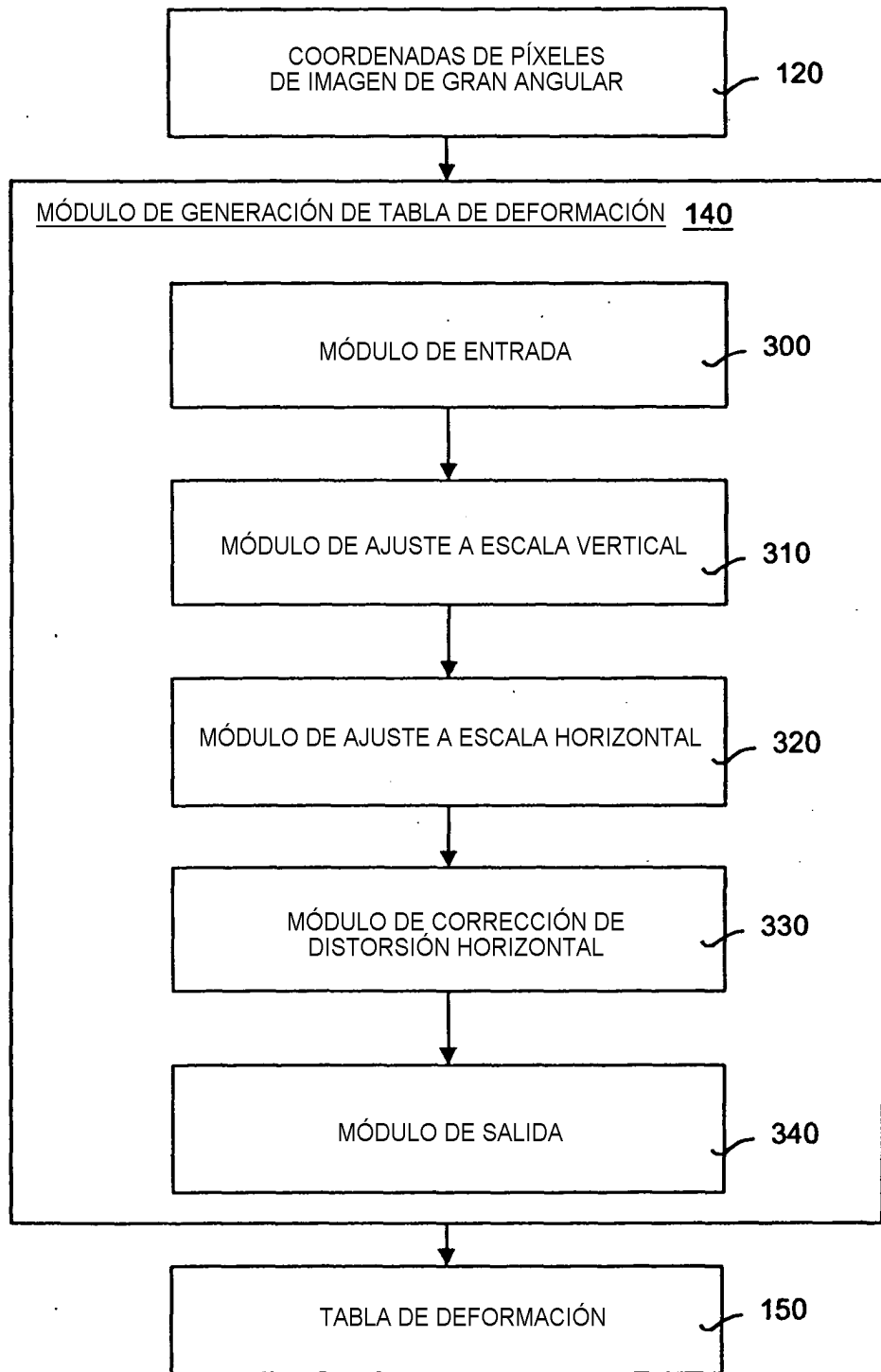
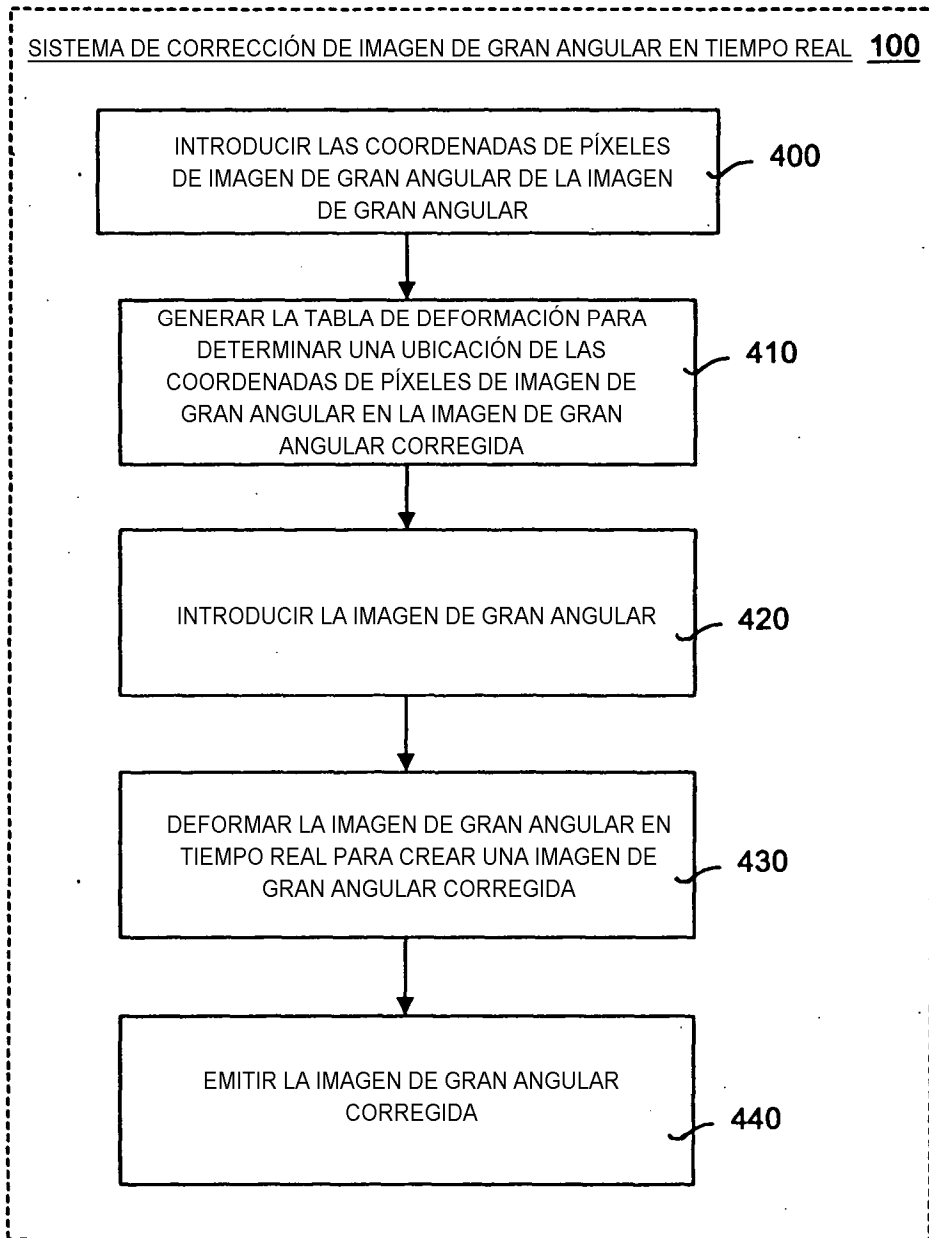


FIG. 3



**FIG. 4**

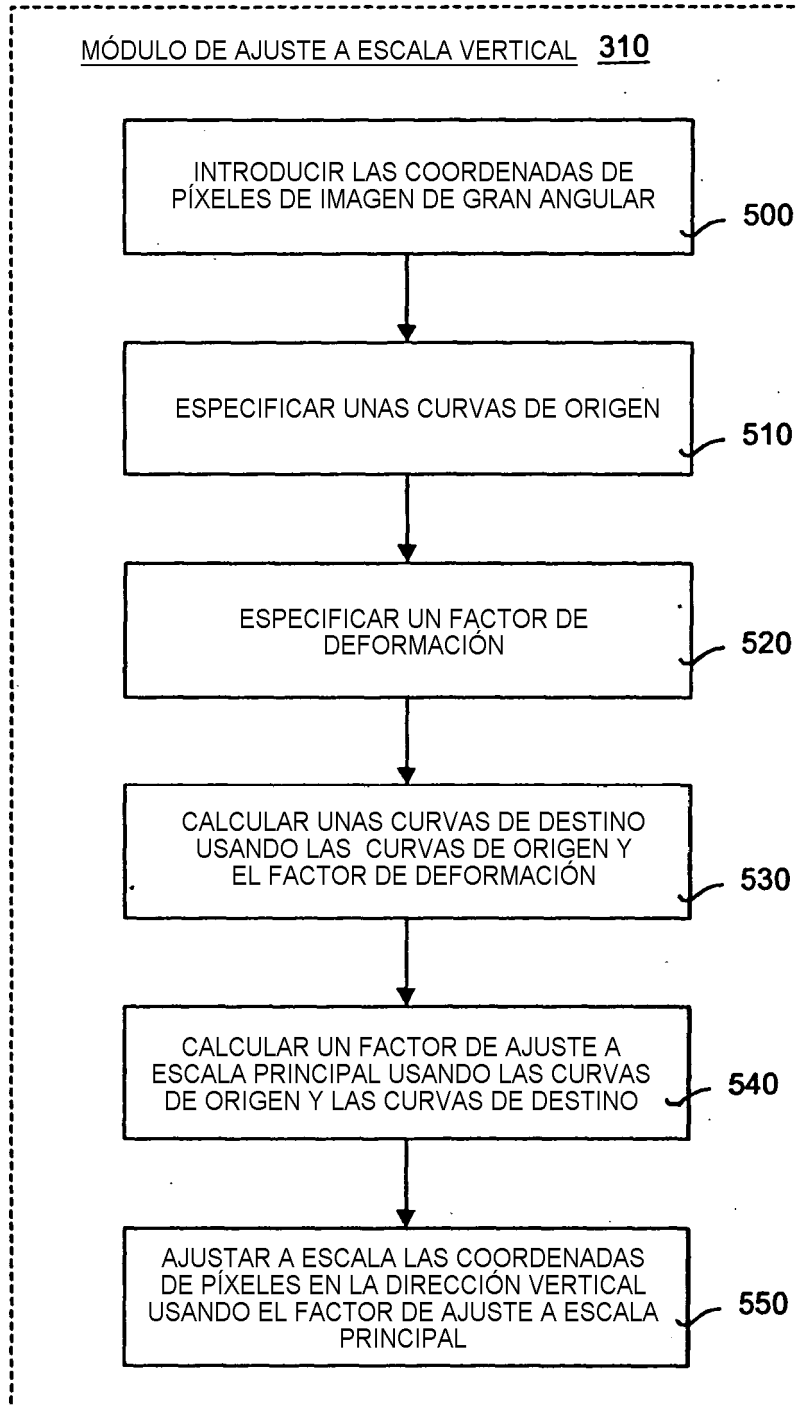


FIG. 5

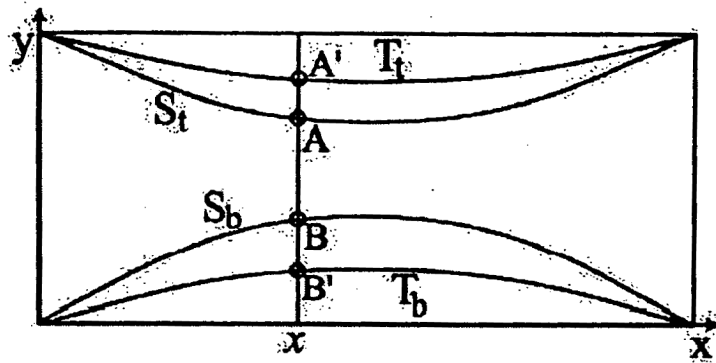


FIG. 6

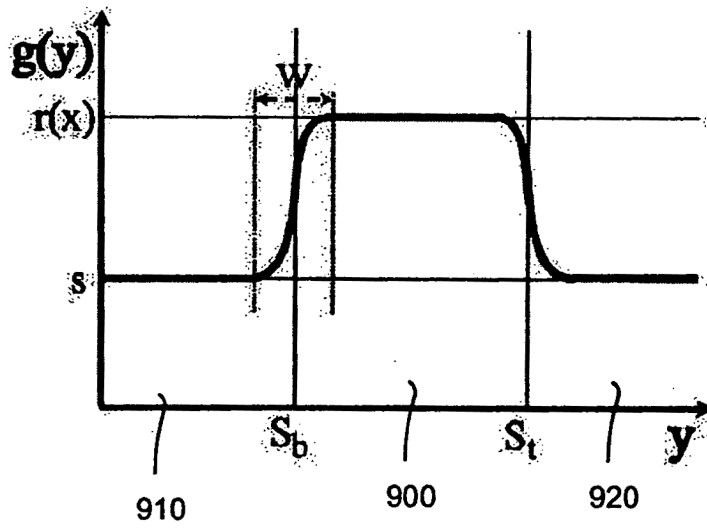


FIG. 9

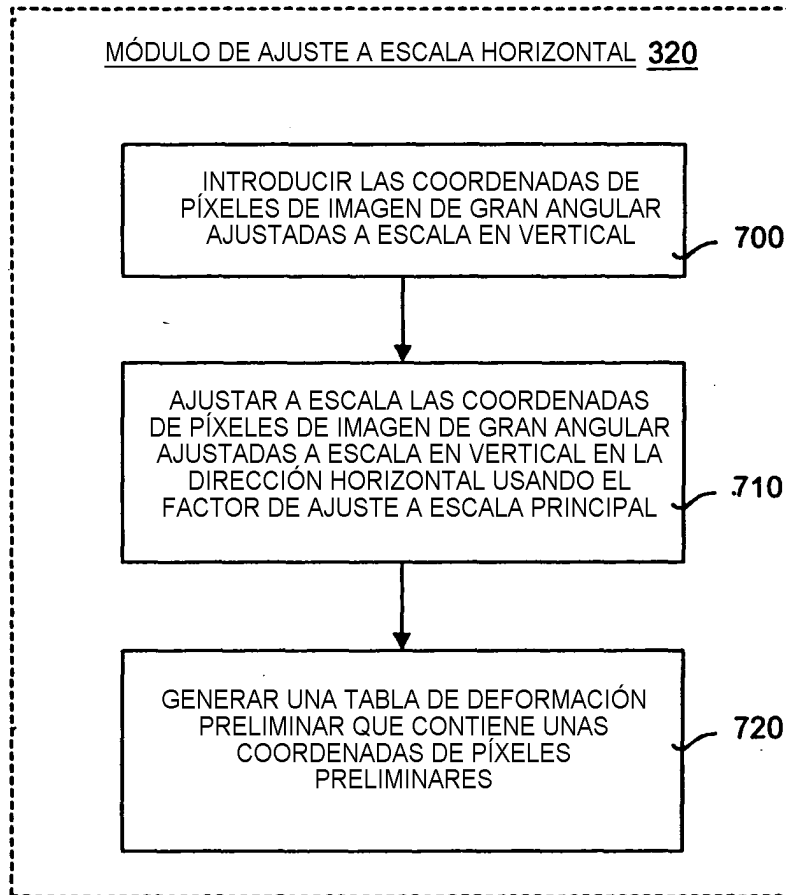
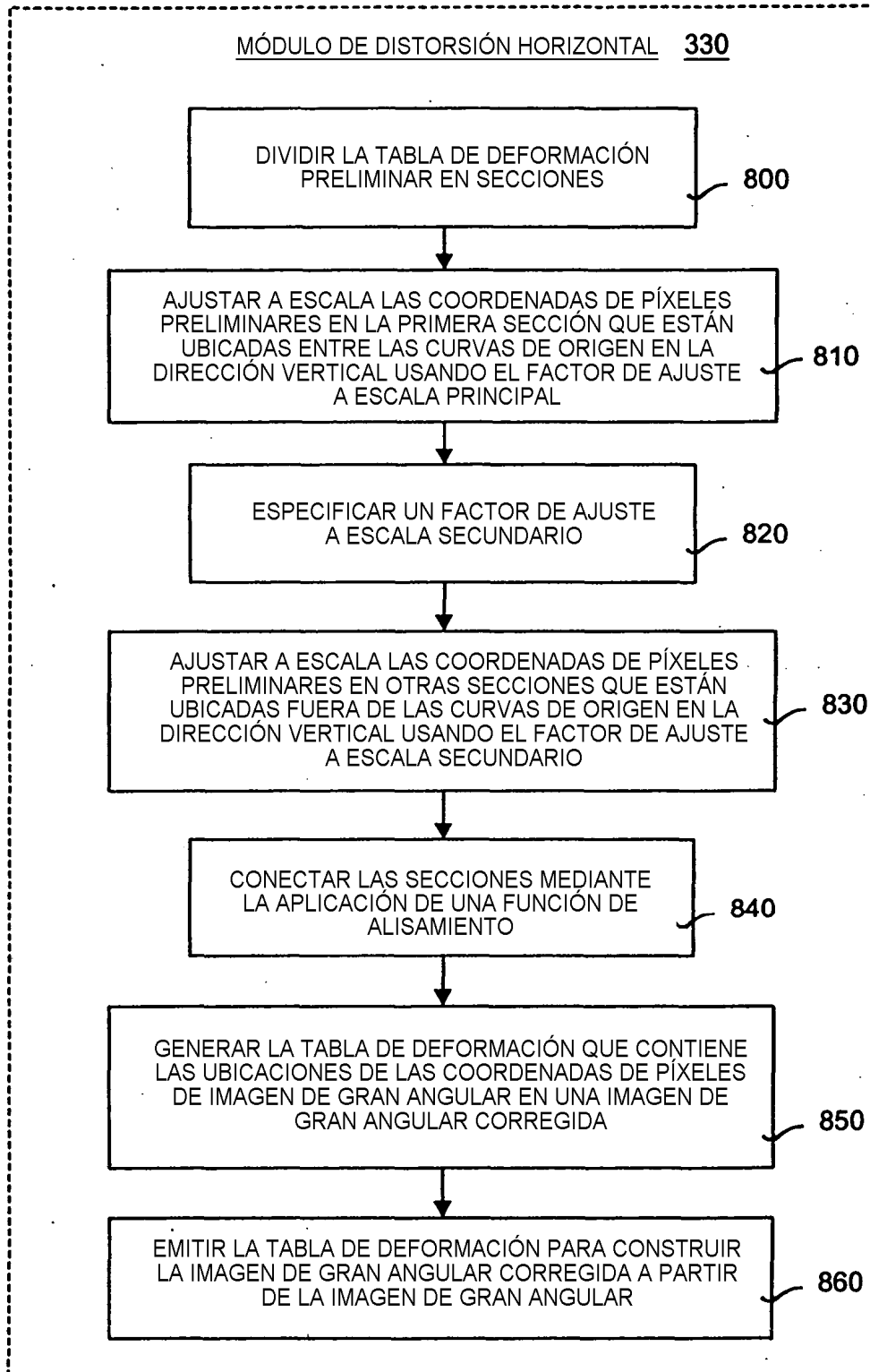
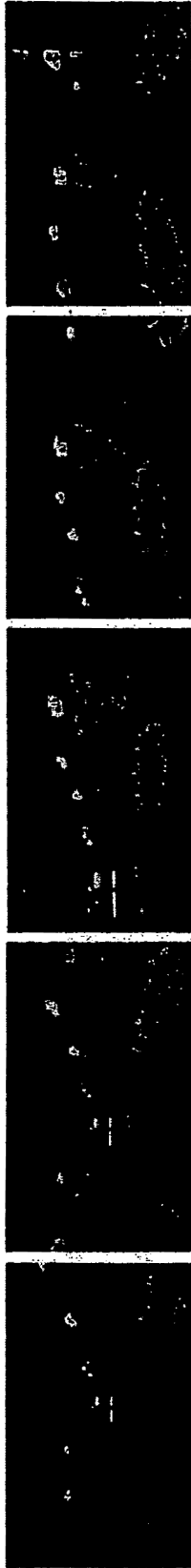


FIG. 7





**FIG. 8**



ANTES DEL PROCESAMIENTO CON UNA FUNCIÓN DE AJUSTE A ESCALA SVU

**FIG. 10A**



DESPUÉS DEL PROCESAMIENTO CON UNA FUNCIÓN DE AJUSTE A ESCALA SVU

**FIG. 10B**

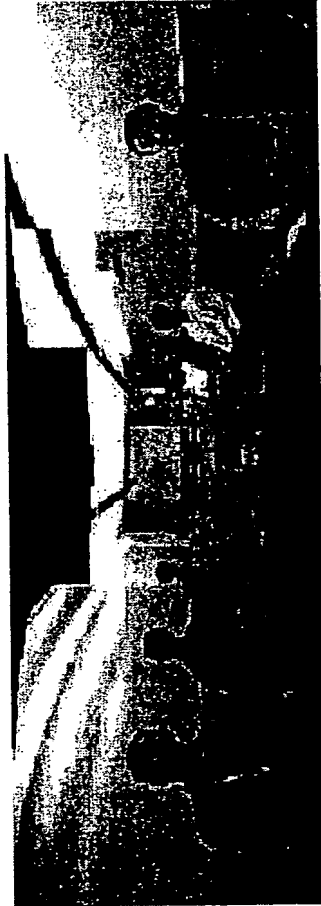


FIG. 11

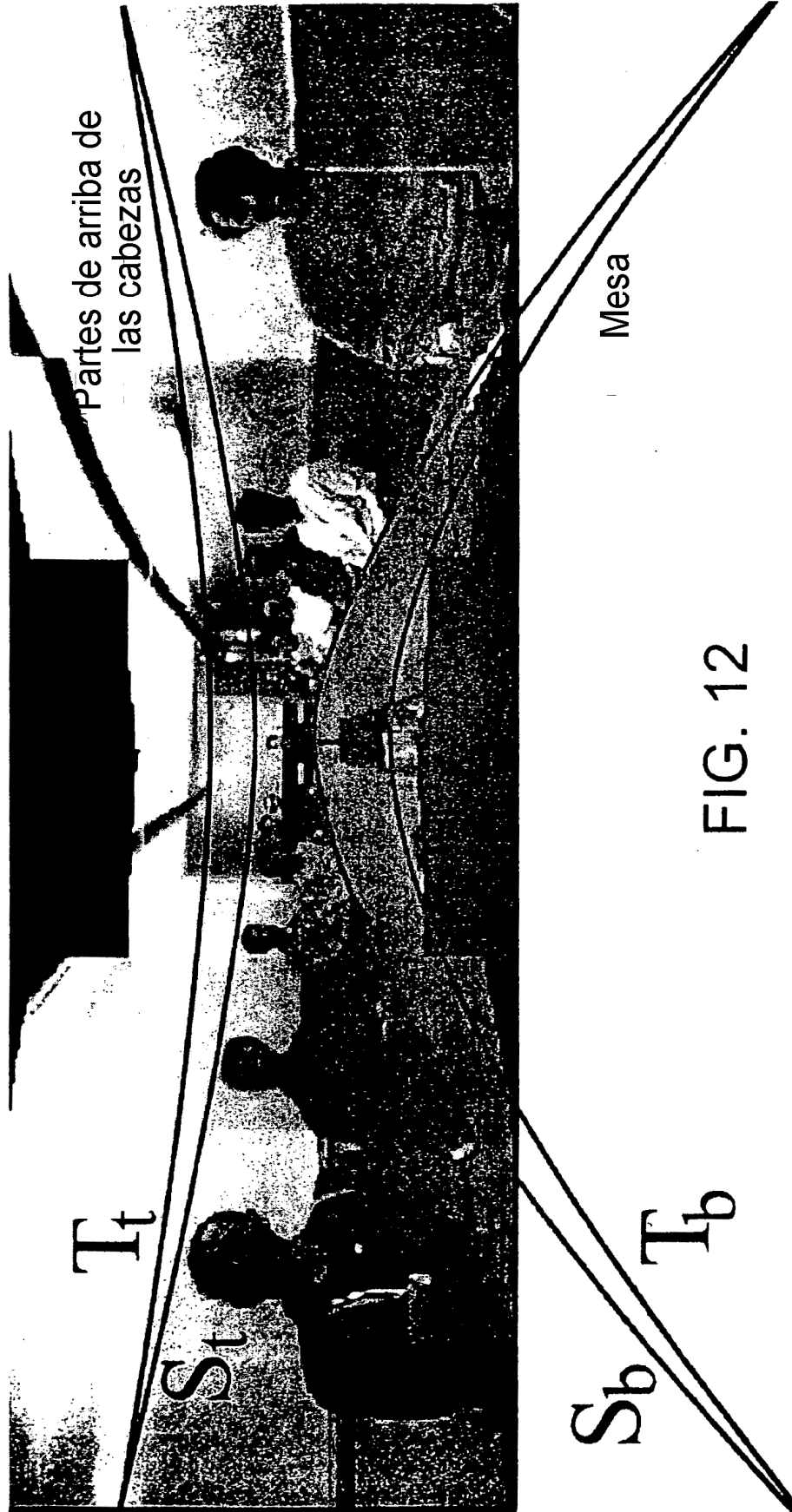


FIG. 12

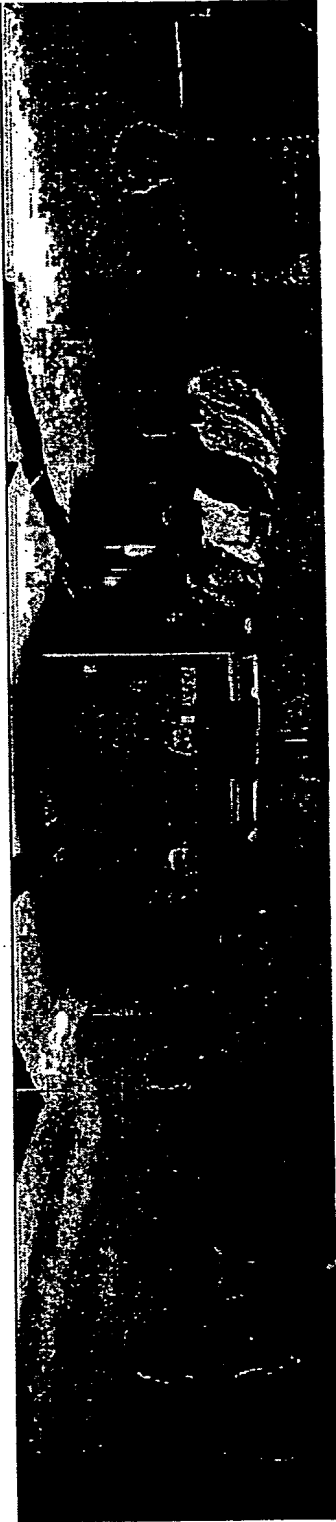


FIG. 13

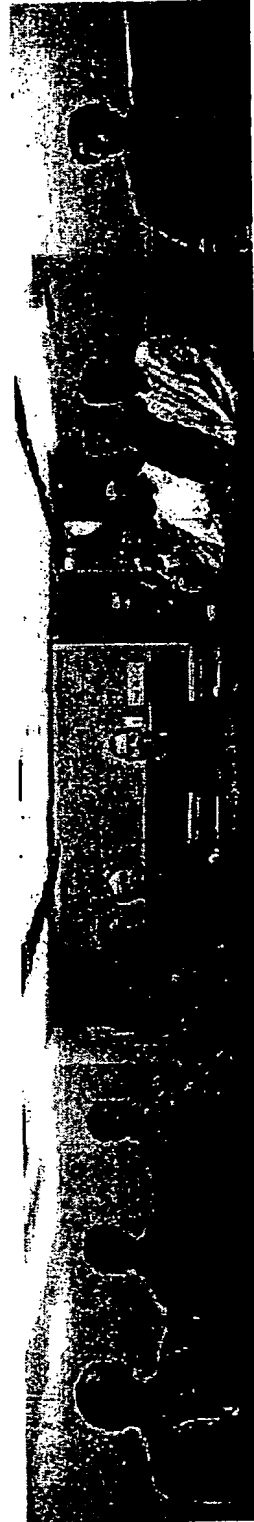


FIG. 14

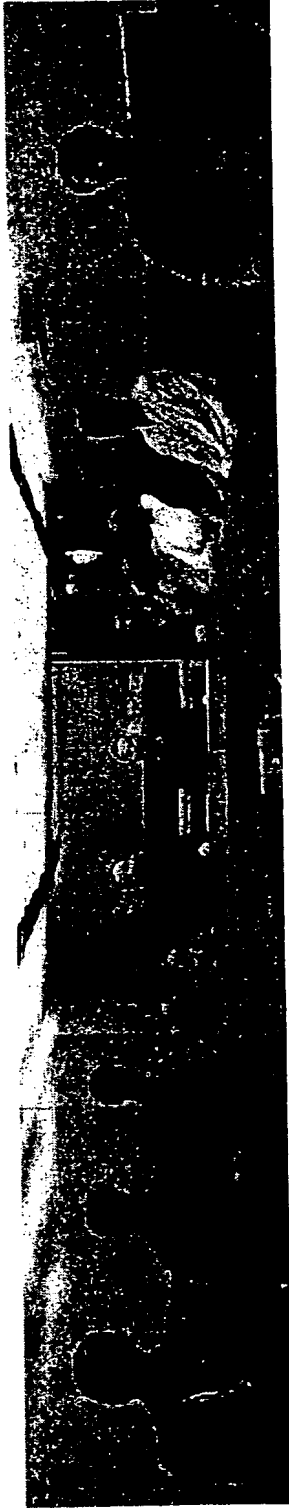


FIG. 15

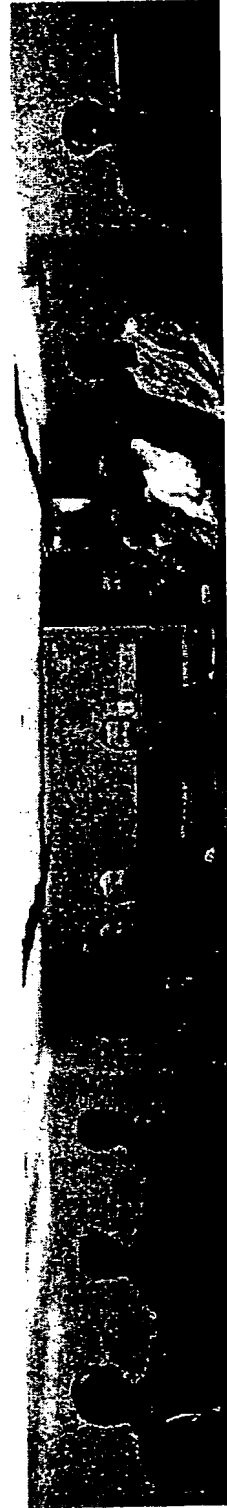


FIG. 16

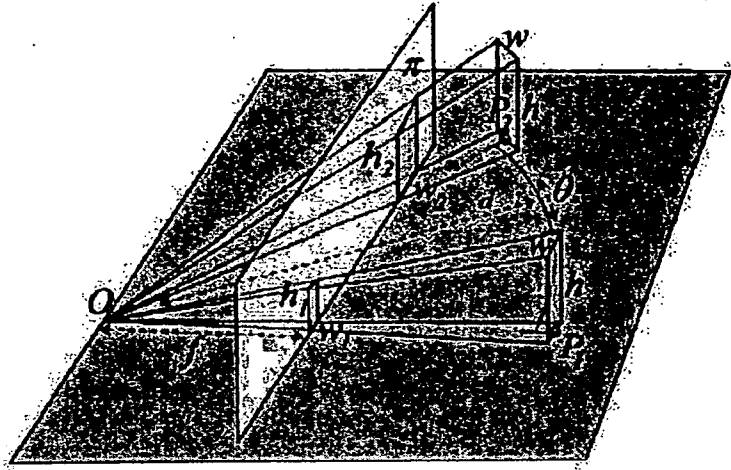


FIG. 17

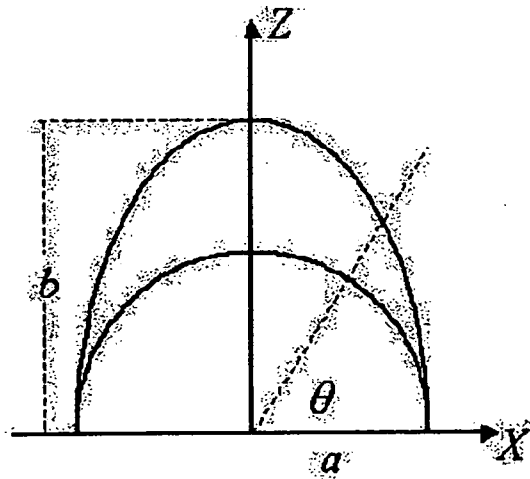


FIG. 19



CAMPO DE VISIÓN  
ORDINARIO

**FIG. 18A**



CAMPO DE VISIÓN  
DE GRAN ANGULAR

**FIG. 18B**



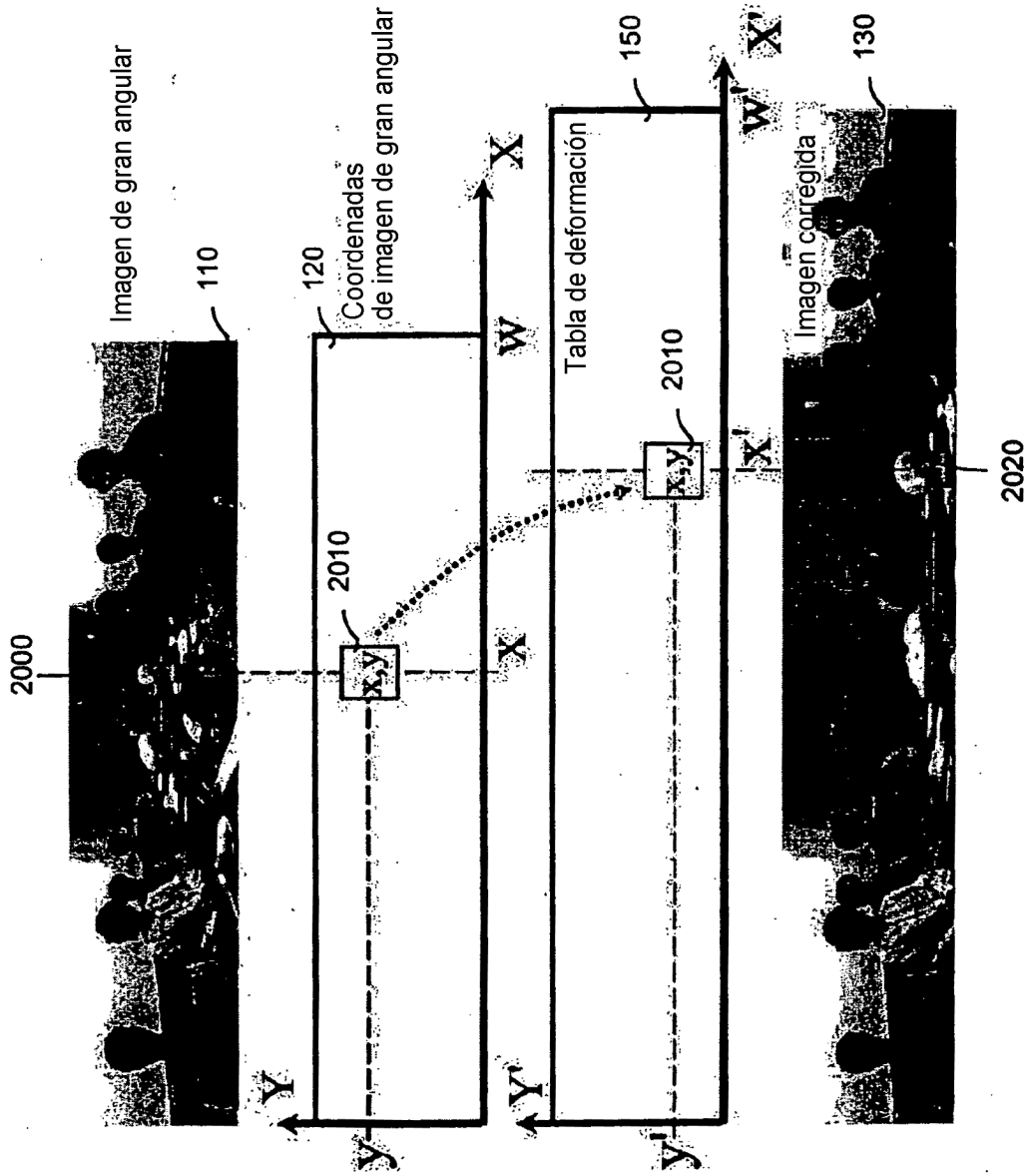


FIG. 20