

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 394 950**

21 Número de solicitud: 201090020

51 Int. Cl.:

**H04N 5/235** (2006.01)

**H04N 5/232** (2006.01)

**G03B 17/44** (2006.01)

**G03B 17/00** (2006.01)

12

## PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

**17.10.2008**

30 Prioridad:

**22.10.2007 US 61/000,053**

**11.04.2008 US 12/082,577**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**06.02.2013**

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

**12.11.2013**

Fecha de la concesión:

**14.11.2013**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**26.11.2013**

73 Titular/es:

**CANDELA MICROSYSTEMS (S) PTE. LTD.**

**1 LORONG 2 TOA PAYOH #05-02**

**SINGAPUR-319637 y**

**HIOK NAM, Tay**

72 Inventor/es:

**HIOK NAM, Tay y**

**YUNN-EN, Yeo**

74 Agente/Representante:

**ZEA CHECA, Bernabé**

54 Título: **SISTEMA DE IMAGEN DE ENFOQUE AUTOMATICO**

57 Resumen:

Un sistema de imagen de enfoque automático que incluye un sensor de imagen acoplado a un controlador. El sensor de imagen capta una imagen que tiene al menos un borde con una anchura. El controlador genera una señal de enfoque que es una función de la anchura de borde. Una lente recibe la señal de enfoque y ajusta un enfoque. La anchura de borde se puede determinar mediante diversas técnicas como el uso de gradientes. Un histograma de las anchuras de borde se puede utilizar para determinar si una determinada imagen está enfocada o desenfocada. Un histograma con una gran población de pequeñas anchuras de borde es indicativo de una imagen enfocada.

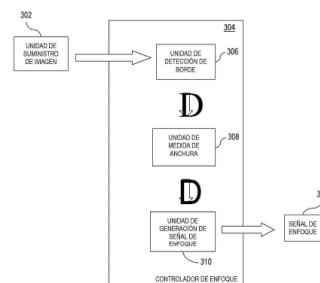


FIG. 3

ES 2 394 950 B1

## **DESCRIPCIÓN**

### **SISTEMA DE IMAGEN DE ENFOQUE AUTOMÁTICO**

#### Referencia a Aplicaciones Relacionadas

Esta solicitud reivindica la prioridad de la Solicitud Provisional de  
5 EE.UU. nº 61/000,053, presentada el 22 de octubre de 2007, y de la Solicitud  
No-Provisional de EE.UU. nº 12/082,577, presentada el 11 de abril 2008.

#### ANTECEDENTES DE LA INVENCION

##### 1. Campo de la Invención

La materia divulgada en general se refiere a auto-enfocar las imágenes  
10 capturadas por medios electrónicos.

##### 2. Antecedentes

Material fotográfico como cámaras digitales y videocámaras digitales  
pueden contener sensores de imagen electrónicas que capturan la luz para  
procesamiento en imágenes fijas o de vídeo, respectivamente. Sensores de  
15 imagen electrónicos normalmente contienen millones de elementos de captura  
de la luz como fotodiodos.

Muchos dispositivos de captura de imagen como cámaras incluyen un  
sistema de enfoque automático. El proceso de auto-enfoque incluye los pasos  
de capturar una imagen, procesar la imagen para determinar si está en foco, y  
20 si no, generar una señal de retroalimentación que se utiliza para variar el  
enfoque de la lente del dispositivo. Hay dos técnicas principales para auto-  
enfoque. La primera técnica consiste en medir el contraste, la otra técnica se  
basa en las diferencias de fase entre pares de imágenes. En el método de  
contraste, la diferencia de intensidad entre píxeles adyacentes se analiza y el  
25 enfoque se ajusta hasta que un máximo de contraste se detecta. Aunque  
aceptable para imágenes fijas, la técnica de contraste no es adecuada para  
vídeo en movimiento.

El método de diferencia de fase incluye la división de una imagen de  
entrada en dos imágenes que son captadas por sensores de imagen  
30 separados. Las dos imágenes son comparadas para determinar una diferencia  
de fase. El enfoque se ajusta hasta que las dos imágenes coinciden. El  
método de diferencia de fase requiere de componentes adicionales, tales  
como divisores de haz y un sensor de imagen adicional. Además, el enfoque

de diferencia de fase analiza un grupo relativamente pequeño de puntos fijos de detección. Tener un pequeño grupo de puntos de detección es propenso a error, porque el ruido puede ser sobrepuesto a uno o más puntos. Esta técnica es también ineficaz si los puntos de detección no coinciden con un borde de la  
5 imagen. Por último, dado que el método de diferencia de fase divide la luz, la cantidad de luz que incide sobre un sensor de luz se corta por la mitad. Esto puede ser problemático en débiles situaciones donde la intensidad de la luz de la imagen ya es baja.

### **BREVE RESUMEN DE LA INVENCION**

10 Un sistema de imagen de enfoque automático que incluye un sensor de imagen, acoplado a un controlador. El sensor de imagen capta una imagen que tiene al menos un borde con una anchura. El controlador genera una señal de enfoque que es una función de la anchura de borde.

### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

15 La Figura 1 es una ilustración de un sistema de imagen de enfoque automático;

La Figura 2 es un diagrama de flujo que muestra un proceso de enfoque automático;

La Figura 3 es un esquema que muestra un controlador del sistema;

20 La Figura 4 es un esquema de otra realización del controlador;

La Figura 5 es un esquema de otra realización del controlador;

La Figura 6 es una gráfica que muestra la respuesta de impulso de un filtro de Gauss;

La Figura 7a es una gráfica que muestra un filtro de umbral;

25 La Figura 7b es una ilustración que muestra gradientes horizontales y verticales de una pluralidad de píxeles de imagen;

La Figura 7c es una ilustración que muestra bordes horizontales;

La Figura 7d es una ilustración que muestra bordes verticales;

Las Figuras 8a y b son ilustraciones que muestran los gradientes de una pluralidad de píxeles en una relación de cerca de 45 grados a bordes verticales y horizontales;

- 5 Las Figuras 8c y d son ilustraciones que muestran las identificaciones de borde rotas de la matriz de píxeles mostrados en las Figuras. 8a y 8b;

La Figura 8e es una ilustración que muestra la identificación de los bordes verticales por medio de histéresis de gradiente;

- La Figura 8f es una ilustración que muestra la identificación de bordes  
10 horizontales por medio de histéresis de gradiente;

La Figura 9 es un diagrama de flujo que muestra un proceso que determina una anchura de borde;

La Figura 10a es una ilustración que muestra los píxeles de un borde seleccionado;

- 15 La Figura 10b es una ilustración que muestra los píxeles que tienen gradientes que superan un umbral;

La Figura 10c es una ilustración que muestra valor de luminancia de un borde enfocado y un borde desenfocada;

- La Figura 10d es una ilustración que muestra valores de gradiente para  
20 un borde enfocado y un borde desenfocado;

La Figura 11a es una ilustración que muestra valores de luminancia para píxeles de un borde;

La Figura 11b es una ilustración que muestra valores de gradiente para píxeles de dos bordes;

- 25 La Figura 12 es un esquema de una realización alternativa de un controlador;

La Figura 13 es un diagrama de flujo que muestra un proceso para determinar polaridades de bordes;

La Figura 14 es un esquema de una realización alternativa de un controlador;

5 La Figura 15 es un diagrama de flujo que muestra un proceso para determinar anchuras de borde;

La Figura 16a es un histograma de anchuras de borde para una imagen desenfocada;

La Figura 16b es un histograma de anchuras de borde para una imagen  
10 nítida;

La Figura 17a es un histograma con anchuras ponderadas de borde para una imagen desenfocada;

La Figura 17b es un histograma con anchuras ponderadas de borde para una imagen enfocada.

## 15 DESCRIPCIÓN DETALLADA

Se divulga un sistema de enfoque automático de imagen que incluye un sensor de imagen acoplado a un controlador. El sensor de imagen capta una imagen que tiene al menos un borde con una anchura. El controlador genera una señal de enfoque que es una función de la anchura de borde. Un lente  
20 recibe la señal de enfoque y ajusta un\_foco. La anchura de borde se puede determinar mediante diversas técnicas como el uso de gradientes. Un histograma de anchuras de borde se puede utilizar para determinar si una determinada imagen está enfocada o desenfocada. Un histograma con una gran población de anchuras de borde finas es indicativo de una imagen  
25 enfocada.

En referencia a los dibujos más particularmente por números de referencia, la Figura 1 muestra una realización de un sistema de imagen de enfoque automático 102. El sistema 102 puede ser parte de una cámara fotográfica digital, pero se comprende que el sistema puede ser incorporado

en cualquier dispositivo que requiere control de enfoque de una imagen. El sistema 102 puede incluir una lente 104, una abertura 106, un sensor de imagen 108, un convertidor A/D 110, un procesador 112, una pantalla 114, una tarjeta de memoria 116 y un actuador de lente 118. La luz de una escena  
 5 entra a través de la lente 104. La apertura 106 controla la cantidad de luz que entra en el sensor de imagen 108. El sensor de imagen 108 genera una señal analógica que se convierte en una señal digital por el convertidor A/D 110. La señal digital se envía después al procesador 112 que lleva a cabo varios procesos, tales como interpolación. El procesador 112 genera una señal de  
 10 control de foco que se envía al actuador de lente 118 para controlar la apertura 106 y la lente 104. Una imagen enfocada es en última instancia mostrada en la pantalla 114 y/o almacenada en la tarjeta de memoria 116. El algoritmo(s) utilizado para enfoque es ejecutado por el procesador 112. El sensor de imagen 108, el convertidor A/D 110, y el procesador 112 todos  
 15 pueden residir en el mismo chip de circuito integrado.

La Figura 2 muestra un diagrama de flujo de un proceso de auto-enfoque de una imagen. Una imagen es capturada en la posición de foco actual en el bloque 202. En el bloque 204, la imagen es procesada para determinar una señal de enfoque, FEV. En el bloque de decisión 206, el  
 20 procesador determina si la imagen está enfocada en base a la señal de enfoque, FEV. Si se considera que la imagen es borrosa, el proceso avanza al bloque 208, donde una diferente posición de enfoque es seleccionada y los bloques de proceso 202, 204 y 206 se repiten. Si la imagen está enfocada, el proceso termina.

25 La Figura 3 muestra una unidad de suministro de imagen 302 conectada a un controlador de auto-enfoque 304. La unidad 302 proporciona imágenes para el controlador 304. El controlador 304 puede ser implementado como parte de un dispositivo electrónico, como por ejemplo una unidad de procesamiento en una cámara o un dispositivo similar. Una unidad de  
 30 suministro de imagen 302 puede ser una cámara fotográfica digital pero no se limita a una tal realización. La unidad 302 puede ser un escáner, una videocámara digital, una webcam o cualquier dispositivo que puede proporcionar imágenes digitales, así como permitir ajuste a la distancia focal de la imagen para la lente. La unidad 302 puede ser también una tarjeta de  
 35 memoria, un disco duro con imágenes digitales, o cualquier dispositivo que

puede proporcionar el controlador 304 con imágenes digitales con diversos grados de distancias focales.

El controlador de enfoque 304 puede incluir una unidad de detección de borde 306, una unidad de medida de anchura 308 y una unidad de generación  
 5 de señal de enfoque 310. La unidad de detección de borde 306 detecta la presencia de bordes a partir de datos en las imágenes digitales proporcionadas por la unidad de suministro de imagen 302. Los bordes detectados se envían después a la unidad de medida de anchura 308, donde las anchuras de los bordes son medidas y calculadas. Las anchuras de borde  
 10 calculadas se proporcionan a la unidad de generación de señal de enfoque 310, donde la nitidez de la imagen se mide en base a las anchuras de los bordes. La nitidez de la imagen se indica mediante una señal de enfoque 312 generada por el controlador 304.

La Figura 4 muestra otro ejemplo de realización de un controlador de  
 15 enfoque 400 conectado a una unidad de suministro de imagen 402. El controlador 400 incluye una unidad de medida de gradiente 404 y una unidad de generación de señal de enfoque 406. La unidad de medida de gradiente 404 detecta la presencia de bordes a partir de datos en las imágenes digitales proporcionadas por la unidad de suministro de imagen 402. Los bordes  
 20 detectados se envían después a la unidad de generación de señal de enfoque 406 que genera una señal de enfoque 408 que es indicativa de la nitidez de la imagen.

La Figura 5 muestra una realización de una unidad de detección de borde 306 que recibe una imagen 502. La unidad de detección de borde 306  
 25 incluye una unidad de transformación de RGB 504 que transforma la imagen de tal manera que las tres señales de una imagen, rojo, verde y azul se convierten en una sola señal. Esta señal puede ser generada transformando la imagen en una imagen en escala de grises. Varias técnicas pueden ser utilizadas para transformar una imagen a una escala de grises. Valores RGB  
 30 se pueden utilizar para calcular un valor de luminancia o de crominancia o una determinada proporción de valores RGB se puede tomar para formar la imagen en escala de grises. Por ejemplo, el valor de la luminancia se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$Y = 0.2126 * R + 0.7152 * G + 0.0722 * B, \text{ onde } Y = \text{valor de luminancia.}$$

La señal de la imagen en escala de grises es luego procesada por una unidad de eliminación de ruido 506, donde una eliminación de ruido previa es realizada en la imagen. La unidad de eliminación de ruido 506 puede ser un filtro de paso bajo o un filtro de Gauss. La Figura 6 muestra la respuesta de  
 5 impulso de un filtro de Gauss. El filtro de Gauss suaviza valores de señal de píxel entre píxeles circundantes.

Refiriéndose a la Figura 5, el gradiente de la imagen procesado se calcula después con una unidad de generación de gradiente 508. Hay varios métodos disponibles para calcular el gradiente, incluyendo Laplacian, y Sobel.  
 10 En una realización, la unidad de detección de borde 306 detecta bordes verticales y horizontales por separado. Por lo tanto el gradiente a través de las columnas y las filas se calculan para detectar bordes verticales y horizontales, respectivamente, mediante de un operador Sobel-X y un operador Sobel-Y, respectivamente. El operador-X de Sobel en la ubicación de píxel  $[k, q]$ , donde  
 15  $k$  es número de fila y  $q$  es número de columna, viene dado por la ecuación de  $S_x[k, q] = G[k, q+1] - G[k, q-1]$ . El operador-Y de Sobel en el mismo lugar viene dado por la ecuación  $S_y[k, q] = G[k+1, q] - G[k-1, q]$ .

Tan pronto se calcula el gradiente, un filtro asigna bordes inclinados a cualquiera de bordes horizontales o bordes verticales en una unidad de  
 20 asignación de borde inclinado 510. El filtro puede ser en forma de un filtro de umbral simple o un filtro de histéresis. La Figura 7a muestra un filtro de umbral. La Figura 7b muestra una pluralidad de píxeles de una porción de una imagen con los gradientes horizontales y verticales para cada píxel. El gradiente horizontal de cada píxel se muestra en la esquina superior izquierda  
 25 de cada cuadro, donde cada cuadro indica un píxel, mientras que el gradiente vertical se muestra en la esquina inferior derecha. Para el filtro de umbral de la Figura 7a, se etiqueta un borde como un borde vertical si su gradiente horizontal es mayor que su gradiente vertical, y viceversa. Las Figuras 7c y 7d muestran los píxeles, denotados como bordes horizontales H y bordes  
 30 verticales V, respectivamente, desde el gradiente de la Figura 7b.

Otra técnica para asignar bordes es utilizar una histéresis. Supongamos que los píxeles son escaneados por las columnas de arriba a abajo, y de forma secuencial desde una columna para la próxima columna y desde izquierda hasta derecha. (Un mecanismo alternativo de escaneo puede  
 35 escanear en horizontal a lo largo de la fila, y en secuencia fila por fila desde



a un borde vertical o un borde horizontal se realiza para píxeles que ya están escaneados. Para un píxel actual, tres de los píxeles más cercanos ya escaneados están arriba, a la izquierda y arriba a la izquierda. Entre estos tres píxeles, el que tiene el mayor gradiente, independientemente de si es vertical  
5 u horizontal, es seleccionado como un píxel de referencia. La dirección de borde que es elegida para el píxel de referencia es la dirección preferida del píxel actual. Se da un valor positivo de la histéresis de gradiente. Si la dirección preferida es horizontal, el píxel actual es marcado como horizontal si el gradiente horizontal no es mayor que la suma del gradiente vertical y la  
10 histéresis de gradiente; de lo contrario el píxel se marca como vertical. Si la dirección preferida es vertical, el píxel actual se etiqueta como vertical si el gradiente vertical no es mayor que la suma del gradiente horizontal y la histéresis de gradiente; de lo contrario el píxel se etiqueta como horizontal. Las Figuras 8e y 8f muestran un mapa de gradientes de bordes verticales y un  
15 mapa de gradientes de bordes horizontales, respectivamente, con una histéresis de 2. Una ventaja del método de filtro de histéresis respecto al método de filtro de umbral es una menor probabilidad de fragmentación de bordes que resulta de la asignación aleatoria de píxeles en un borde cercano a 45 grados a bordes horizontales y verticales debida a las casi idénticas  
20 magnitudes de gradientes verticales y horizontales, como en la situación que se muestra en la Figura 8a. Esto puede hacer que un borde se divida en varios bordes estrechos, como se muestra en las Figuras 8c y 8d. Esto se debe comparar con los resultados mostrados en las Figuras 8e y 8f, que no presentan estos problemas.

25 Con referencia de nuevo a la Figura 5, una unidad de refinamiento de bordes 512 afina los bordes proporcionados por la unidad de asignación de bordes inclinados 510. El refinamiento es necesario cuando hay muchos bordes agrupados de tal manera que una pluralidad de bordes pueden superponerse entre sí. El refinamiento de borde asegura que sólo el borde  
30 más inclinado entre la pluralidad de bordes superpuestos permanece. Después del refinamiento, la imagen procesada se proporciona a la unidad de eliminación de ruido 514 que elimina el ruido. La unidad de eliminación de ruido 514 puede eliminar bordes con los niveles de gradiente que caen fuera de una ventana predeterminada. El objetivo de la unidad de eliminación de  
35 ruido 514 es asegurar que bordes falsos causados por ruido en las zonas

oscuras se eliminan. Una señal de datos procesados 516 es proporcionada por la unidad 514.

La Figura 9 muestra un proceso realizado por la unidad de refinamiento de borde 512. El gradiente máximo entre píxeles en el borde mismo se encuentra inicialmente en el bloque de proceso 902. Píxeles están en el mismo borde si son contiguos, tienen gradientes no-cero, y tienen la misma polaridad de gradiente. A continuación, gradientes con magnitudes que son menores que un umbral predeterminado se eliminan en el bloque 904. Los gradientes restantes se analizan para escoger el inicio y el final de la pendiente, en los bloques 906 y 908 respectivamente. La Figura 10a muestra una tendencia de valores de gradiente de un borde que comienza en la posición 2 y termina en la posición 9, antes de realizar el refinamiento de borde. El pico en la posición 4 de la tendencia representa la ubicación donde el borde es la más prominente. El refinamiento de borde se ejecuta cuando puede haber una agrupación de bordes que hace una superposición de señales de gradiente. Por tanto, sólo valores de gradiente significativos adyacentes al pico de la tendencia de gradiente se tienen en cuenta a la hora de contar la anchura del borde. El umbral 1004 se calcula como una fracción determinada del valor de gradiente máximo 1002 del borde, por lo tanto píxeles con valores de gradiente inferiores al umbral 1004 se retiran, dejando en este ejemplo sólo tres píxeles con valores de gradiente superiores al umbral 1004. Por lo tanto, la anchura de este borde particular, es de 3 píxeles de ancho. El inicio de la pendiente se revisa a la posición de 3, y el fin a la posición de 5.

La unidad de eliminación de ruido 514, que se muestra en la Figura 5, inspecciona cada borde y decide si la magnitud de gradiente en el borde es muy baja y, en caso afirmativo, descarta el borde. Esto tiene la ventaja de eliminar los bordes falsos en una región oscura debido a ruido, o en una región brillante debido a un cambio menor en la reflectividad de la escena que no representa verdaderos bordes. Una realización de la unidad de eliminación de ruido 514 es tomar la diferencia de la señal de luminancia (o, en general, la señal de salida de la unidad de transformación de RGB 504) en la posición inicial y final del borde. Las magnitudes de las posiciones proporcionadas por la unidad de refinamiento 512 y descritas en los bloques 906 y 908 del diagrama de flujo se muestran en la Figura 9, se comparan con una fracción

determinada del promedio de la señal en las mismas posiciones inicial y final (de otro modo conocido como el umbral de rechazo de borde). Si la diferencia es menor, entonces el borde es rechazado por falso. En otra realización de la unidad de eliminación de ruido 514, la magnitud del gradiente máximo en el  
 5 borde se compara con una fracción determinada del promedio de la señal de luminancia (o, en general, la señal de salida de la unidad de transformación de RGB 504) en la posiciones inicial y final del borde, y se rechaza el borde por falso si la magnitud del gradiente máximo es menor.

La Figura 10c muestra una técnica de utilizar una anchura de transición  
 10 de borde para producir señal de retroalimentación de enfoque. Línea 1006 es la señal de una imagen relativamente desenfocada a través del mismo borde. Línea 1008 representa una señal de una imagen enfocada relativamente nítida a través de un borde. Los valores de señal pueden ser de luminancia de la imagen, o uno de los canales de crominancia. El eje horizontal es una  
 15 cuenta de píxeles de izquierda a derecha. El eje vertical es el valor de señal. La señal 1008 de imagen menos enfocada toma aproximadamente 5 píxeles para hacer la transición desde el valor de señal inferior sobre el lado izquierdo hasta los valores de señal más altos sobre el lado derecho, lo que comienza en píxel 3 y termina en píxel 7. La señal de imagen mejor enfocada 1008 toma  
 20 aproximadamente 3 píxeles para hacer la transición, desde píxel 4 hasta píxel 6. La anchura de transición de la señal de imagen menos enfocada 1006 es 5, por lo tanto es mayor que la anchura de transición de la señal de imagen mejor enfocada 1008, que es la 3.

La Figura 10d ilustra el uso de gradiente y el umbral de una fracción del  
 25 gradiente máximo en una agrupación de píxeles para calcular la anchura de transición. Aquí el gradiente se calcula por operador de Sobel. Por ejemplo, el gradiente en píxel 5 es un valor de señal en píxel 7 menos el valor de señal en 5. Un diferente método de cálculo de gradiente puede ser utilizado si produce valores proporcionales a la inclinación de la pendiente de transición. Línea  
 30 1010 representa una curva de gradiente de la señal de imagen menos enfocada 1006. Línea 1012 representa una curva de gradiente de la señal de imagen enfocada más nítida 1008. El valor máximo de la imagen enfocada es en 60, mientras que el valor máximo de la imagen menos enfocada es de un menor valor de aproximadamente 30. El umbral de gradiente se calcula en un  
 35 tercio ( $1/3$ ) del valor máximo en el conjunto de píxeles, en este caso 60 para

1012 y 30 para 1010, respectivamente, o que produce 20 para 1012 y 10 para 1010, respectivamente. Los umbrales de gradiente se muestran como líneas 1014 y 1016, respectivamente. Para el cálculo de anchura de transición de borde para 1008, los píxeles contiguos cuyo gradiente 1012 está por encima  
 5 del valor de umbral 1016 son contados, lo que da 3. Del mismo modo, los mismos procedimientos dan 5 para 1006.

La Figura 11a muestra valores de señal de luminancia de píxeles de 2 bordes consecutivos y los promedios 1102 y 1104 para un primer borde son mostrados. La Figura 11b muestra la magnitud de gradiente de los mismos  
 10 píxeles. Un primer borde se inicia en posición 2 y se termina en posición 5. Un segundo borde, con un gradiente máximo mucho menor, se inicia en posición 8 y se termina en posición 9. Niveles de umbral de rechazo de borde 1106 y 1108 para el primer y segundo bordes, respectivamente, se encuentran a partir de los promedios mostrados en la Figura 11a. El gradiente máximo del  
 15 primer borde ocurre en posición 4, y está muy por encima del umbral de rechazo de borde 1106, por lo que el primer borde 1102 no es rechazado. El segundo borde, en cambio, tiene un gradiente máximo en posición 8, que está por debajo del umbral de rechazo de borde 1108, por lo tanto el segundo borde 1104 es rechazado. Por ejemplo, el umbral de rechazo de borde puede  
 20 ser del 5% del promedio de señal de luminancia del borde. En el cálculo del umbral de rechazo de borde, el promedio de señal de borde puede ser el promedio a través de todos los píxeles en el borde, o del promedio en posiciones inicial y final, o cualquier formulación que proporcionalmente indica el nivel de señal medio dentro del borde.

25 La Figura 12 muestra otro ejemplo de realización de la unidad de detección de borde 306 que recibe una imagen 1202. La imagen enviada a una unidad de transformación de RGB 1204, donde las tres señales de una imagen, rojo, verde y azul se convierten en una sola señal. La señal puede ser generada transformando la imagen a una imagen en escala de grises. Varias  
 30 técnicas pueden ser utilizadas para transformar una imagen a una imagen en escala de grises. Por ejemplo, valores RGB pueden ser utilizados para calcular el valor de luminancia o de crominancia o una proporción determinada de valores RGB se puede tomar para formar la imagen en escala de grises. Por ejemplo, el valor de luminancia se puede calcular por la siguiente  
 35 ecuación:

$Y = 0.2126 * R + 0.7152 * G + 0.0722 * B$ , donde  $Y$  = valor de luminancia.

La señal desde la imagen en escala de grises es procesada por la unidad de eliminación de ruido 1206, donde antes se realiza una eliminación de ruido en la imagen. La unidad de eliminación de ruido 1206 puede ser un filtro de paso  
 5 bajo o un filtro de Gauss. El gradiente de la imagen procesada se calcula después por una unidad de generación de gradiente 1208. Hay varios métodos disponibles para calcular el gradiente, incluyendo Laplacian y Sobel. El gradiente calculado representa los bordes de las imágenes y se puede utilizar para determinar la nitidez de la imagen. La unidad de generación de  
 10 gradiente 1208 proporciona datos procesados 1210.

La Figura 13 es un diagrama de flujo de un proceso que puede ser realizado por las unidades de generación de gradiente 508 y 1208. En el bloque 1302, el operador de detección de bordes de Sobel se aplica sobre la imagen. El operador de Sobel detecta un cambio en la imagen en base a la  
 15 señal dada para el operador. Por ejemplo, como se describió anteriormente, la imagen de luminancia, crominancia o simplemente una relación entre el rojo, verde y azul se puede alimentar al operador Sobel como señal  $G$ . El operador- $X$  de Sobel en la ubicación de píxel  $[k, q]$ , onde  $k$  es número de fila y  $q$  es número de columna, está dada por la ecuación de  $S_x[k, q] = G[k, q+1] - G[k, q-1]$ . El operador- $Y$  de Sobel en el misma ubicación está dado por la ecuación  
 20  $S_y[k, q] = G[k+1, q] - G[k-1, q]$ . En esta realización, el operador de Sobel detecta un decreciente cambio en niveles de señal por medio de denotar un gradiente negativo y un creciente cambio por medio de un gradiente positivo. Dependiendo de cómo se aplica el operador Sobel, otras denotaciones  
 25 pueden ser utilizadas para expresar el cambio en niveles de señal. En el bloque 1304 la diferencia en polaridad se puede utilizar para determinar los bordes y sus anchuras respectivas.

Refiriéndose a la Figura 3, la unidad de medida de anchura 308 recibe bordes identificados por la unidad de detección de borde 306. En una  
 30 realización, la unidad de medida de anchura 308 recibe las posiciones inicial y final de cada borde, producido por ejemplo, en los pasos 906 y 908 de la Figura 9, y además de haber pasado por la unidad de eliminación de ruido 514 mostrada en la Figura 5. La anchura de la borde es la diferencia entre las posiciones final e inicial más 1.

Para ilustración, consideremos la Figura 8e, que muestra un mapa de gradiente de bordes verticales. Siguiendo horizontalmente de izquierda a derecha, y en secuencia desde la fila de arriba hasta la fila de abajo, y teniendo en cuenta que todos los píxeles cuyas magnitudes de gradiente son inferiores a 5 se rechazan mientras que los de arriba son aceptados, el borde primero que se informa a la unidad de medida de anchura 308 tiene una anchura de 3, que comienza en fila R1, columna C1, y termina en fila R1, columna C3. El borde segunda tiene una anchura de 3, que comienza en fila R2, columna C2, y termina en fila R2, columna C4. La tercera borde tiene una anchura de 3, que comienza en fila R3, columna C3, y termina en fila R3, columna C5. El cuarto y último borde tiene una anchura de 3, que comienza en fila R4, columna C4 y termina en fila R4, columna C6.

El mapa de gradiente de borde horizontal en la Figura 8f se analiza de manera similar, excepto en transposición, es decir, siguiendo la columna abajo verticalmente de arriba abajo, y en secuencia de la columna izquierda la columna derecha. Dos bordes se encuentran, un borde en primera columna C5, con una anchura de 1, y un segundo borde en columna C6, con una anchura de 2.

La Figura 14 muestra una realización de la unidad de generación de señal de enfoque 310. Anchuras 1402 a partir de la unidad de medida de anchura 308 son utilizadas por la unidad de generación de señal de enfoque 310 para medir la nitidez de la imagen. Anchuras que quedan fuera de umbrales predeterminados serán descartadas, mientras que los bordes restantes serán seleccionados en la unidad de selección de anchura 1404. Una unidad de cálculo de señal de enfoque 1406 genera una señal de enfoque 1408 en base a las anchuras de borde seleccionadas. Alternativamente, la anchura media de todas las anchuras calculadas por la unidad de medida de anchura 308 puede ser usada como la señal de enfoque 1408.

La Figura 15 es un diagrama de flujo que muestra un proceso para determinar el promedio de las anchuras de borde. Las anchuras de borde se descartan en base a umbrales predeterminados en los bloques 1502 y 1504. En los bloques 1506 y 1508, la señal de enfoque puede calcularse tomando el promedio de las anchuras restantes, u otra manipulación de los datos como

reemplazar los pesos más pesados en las mayores anchuras y tomar el promedio.

Las Figuras 16a y 16b muestran distribuciones de anchura típicas de una imagen borrosa y una imagen nítida, respectivamente. El eje-X representa el tamaño de anchura, mientras que el eje-Y representa la población de bordes. Por lo tanto, se observa que, imágenes borrosas tienen mayores anchuras de alrededor 4 a 5 píxeles de ancho, mientras que imágenes nítidas tienen anchuras más pequeñas alrededor de 2 a 3 píxeles de ancho. La relación entre la nitidez de una imagen frente a las anchuras de borde es la base de la señal de enfoque generada.

El cambio típico del histograma a partir de una posición enfocada como en la Figura 16b a una posición desenfocada como en la Figura 16a es tal que el número máximo de población en los intervalos de anchuras mayores en la posición desenfocada es menor que la población de máximos en los intervalos de anchuras mas pequeñas en la posición enfocada. Esto puede entenderse como sigue. En la posición enfocada, hay numerosos bordes más estrechos. Estos bordes estrechos pueden desaparecer en posiciones desenfocadas porque sus gradientes caen por debajo de umbrales predeterminados, o se unen para formar bordes más amplios, que entonces son menos numerosos. Empíricamente, el número de anchuras de borde es inversamente proporcional a la anchura de borde. Para contrarrestar este efecto a fin de que en una posición desenfocada los intervalos de los bordes más anchos tengan recuentos similares a los de los bordes más estrechos en posición enfocada, la población dentro de cada intervalo es multiplicada por un peso diferente de tal manera que intervalos de anchuras mayores reciben pesos más grandes. La Figura 17a muestra una distribución de anchura de una imagen borrosa antes de la aplicación de ponderaciones, y la Figura 17b muestra una distribución de anchura después de la aplicación de ponderaciones. En esta realización, para cada anchura, el peso puesto en la población de bordes es la propia anchura. Por ejemplo, si hay una población de 10 bordes en anchura 2, estos 10 bordes se multiplicarán por 2 para obtener 20, una nueva población.

Una ventaja del enfoque automático del controlador es que la mínima señal de enfoque, FEV de imágenes diferentes tienen los valores aproximadamente iguales. Esto asegura que la lente se mantendrá en la misma posición incluso si la cámara está temblando, pero la imagen sigue

siendo nítida. Otra ventaja es que el intervalo entre la señal de enfoque más grande y la más pequeña para una escena con diferentes distancias focales son lo suficientemente amplios para asegurar que el nivel óptimo de enfoque se puede obtener.

5            Si bien algunas realizaciones ejemplares se han descrito y mostrado en los dibujos que se acompañan, debe entenderse que tales realizaciones son meramente ilustrativas y no restrictivas sobre la invención amplia, y que esta invención no se limita a las construcciones y disposiciones específicas se muestran y describen, ya que diversas modificaciones pueden ser aplicadas  
10 por parte de los que son normalmente expertos en la materia.



## REIVINDICACIONES

1. Sistema de imagen de enfoque automático, que comprende:  
un sensor de imagen que capta una imagen que tiene al menos un borde con un anchura; y,  
un controlador acoplado a dicho sensor de imagen, dicho controlador genera una señal de enfoque que es una función de dicha anchura de borde.
2. Sistema según la 1ª reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que dicho controlador incluye una unidad de detección de borde, una unidad de medida de anchura y una unidad de generación de señal de enfoque.
3. Sistema según la 1ª reivindicación, **caracterizado** por el hecho de comprender adicionalmente una lente que ajusta un foco en respuesta a dicha señal de enfoque.
4. Sistema según la 1ª reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que la anchura del borde se determina a través de calcular una pluralidad de gradientes a partir de una pluralidad de píxeles de la imagen.
5. Sistema según la 1ª reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que la anchura del borde se refina a través de eliminar los gradientes que están por debajo de un umbral que es una fracción de un gradiente de pico del borde.
6. Sistema según la 4ª reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que dichos gradientes incluyen una pluralidad de valores de gradiente horizontal y una pluralidad de valores de gradiente vertical.
7. Sistema según la 6ª reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que un borde vertical se selecciona a fin de incluir al menos un píxel con su gradiente horizontal mayor que su gradiente vertical, y un borde horizontal es seleccionado para incluir al menos un píxel con su gradiente vertical mayor que su gradiente horizontal.

8. Sistema según la 7ª reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que una anchura de dicho borde se determina a través de comparar dichos gradientes con un umbral que depende de un gradiente de pico de dicho borde.

9. Sistema según la 7ª reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que la señal de enfoque se basa en un histograma de una pluralidad de anchuras de borde.

10. Sistema según la 8ª reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que al menos una de dichas anchuras de borde tiene un valor ponderado de tal manera que se asignan mayores pesos a bordes más anchos y se asignan menores pesos a bordes menos anchos.

11. Sistema de imagen de enfoque automático, que comprende:  
un sensor de imagen que capta una imagen que tiene al menos un borde con una anchura; y,  
medios para generar una señal de enfoque en función de dicha anchura de borde.

12. Sistema según la 11ª reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que dichos medios calculan una pluralidad de gradientes a partir de una pluralidad de píxeles de la imagen.

13. Sistema según la 11ª reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que dicha anchura de borde se refina a través de eliminar los gradientes que están por debajo de un umbral que es una fracción de un gradiente de pico del borde.

14. Sistema según la 11ª reivindicación, **caracterizado** por el hecho de comprender adicionalmente una lente que ajusta un foco en respuesta a dicha señal de enfoque.

15. Sistema según la 11ª reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que dichos gradientes incluyen una pluralidad de valores de gradiente horizontal y una pluralidad de valores de gradiente vertical.

16. Sistema según la 15ª reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que un borde vertical se selecciona a fin de incluir al menos un píxel con su gradiente horizontal mayor que su gradiente vertical, y un borde horizontal es seleccionado para incluir al menos un píxel con su gradiente vertical superior a su gradiente horizontal.

17. Sistema según la 16ª reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que una anchura de dicho borde se determina mediante la comparación de los gradientes con un umbral que es una fracción de un gradiente de pico del borde.

18. Sistema según la 11ª reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que dicha señal de enfoque se basa en un histograma de una pluralidad de anchuras de borde.

19. Sistema según la 18ª reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que al menos una de dichas anchuras de borde tiene un valor ponderado de tal manera que se asignan mayores pesos a bordes más anchos y se asignan menores pesos a bordes menos anchos.

20. Método para generar una señal de enfoque, que comprende:  
una etapa para capturar una imagen que tiene al menos un borde con una anchura;  
una etapa para generar una señal de enfoque que es una función de la anchura de borde.

21. Método según la 20ª reivindicación, **caracterizado** por el hecho de comprender adicionalmente:

una etapa para variar un foco de una lente en respuesta a la señal de enfoque.

22. Método según la 20ª reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que dicha etapa para generar la señal de enfoque comprende calcular una pluralidad de gradientes a partir de una pluralidad de píxeles de la imagen.

23. Método según la 22<sup>a</sup> reivindicación, **caracterizado** por el hecho de comprender adicionalmente:

una etapa para refinar la anchura del borde a través de eliminar los gradientes que están por debajo de un umbral que es una fracción de un gradiente de pico del borde.

24. Método según la 22<sup>a</sup> reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que los gradientes incluyen una pluralidad de valores de gradiente horizontal y una pluralidad de valores de gradiente vertical.

25. Método según la 24<sup>a</sup> reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que un borde vertical es seleccionado a fin de incluir al menos un píxel con su gradiente horizontal mayor que su gradiente vertical, y un borde horizontal es seleccionado de al menos un píxel con su gradiente vertical superior a su gradiente horizontal.

26. Método según la 21<sup>a</sup> reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que una anchura del borde se determina a través de comparar los gradientes con un umbral que depende de un gradiente de pico del borde.

27. Método según la 22<sup>a</sup> reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que la señal de enfoque se basa en un histograma de una pluralidad de anchuras de borde.

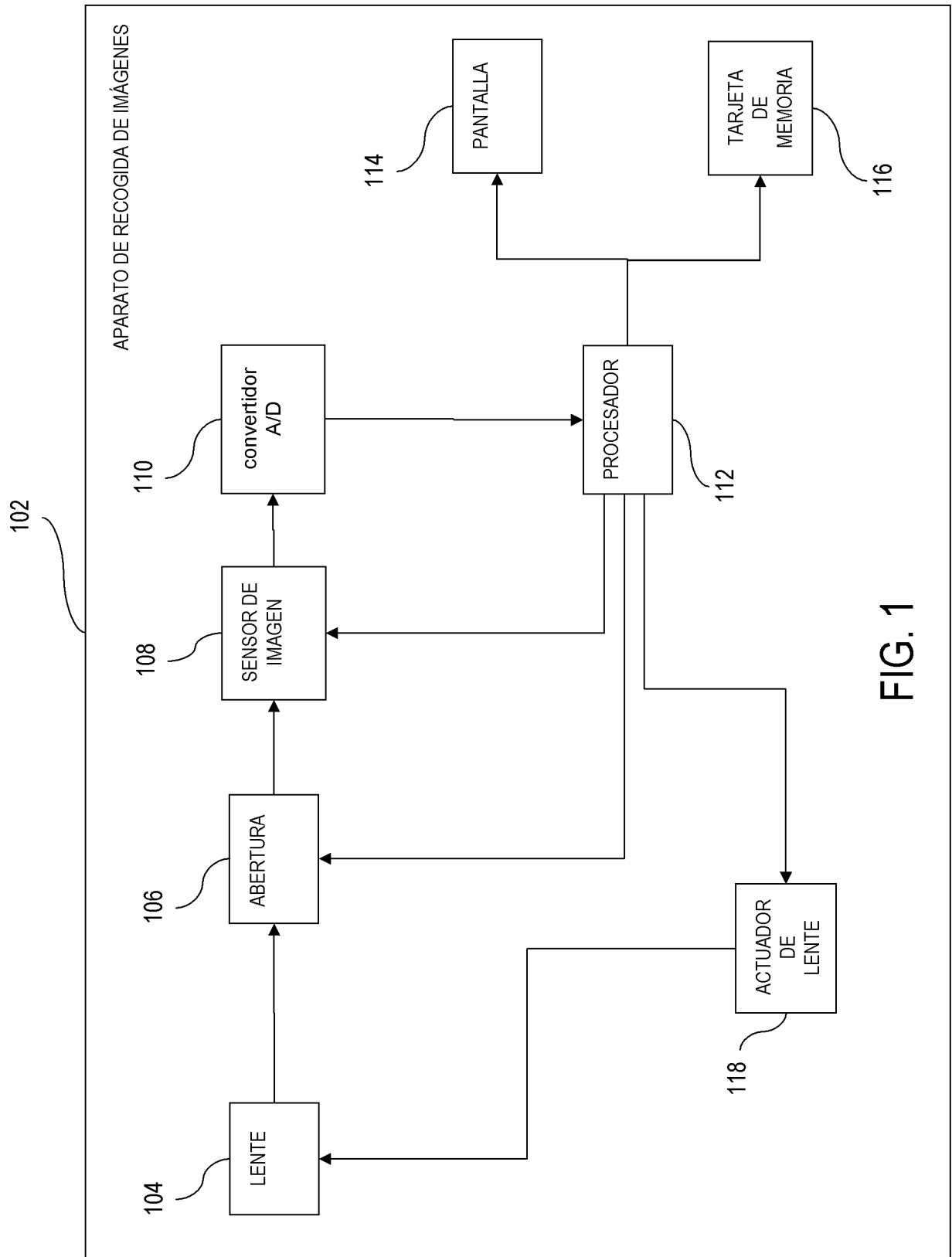
28. Método según la 27<sup>a</sup> reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que al menos una de las anchuras de borde tiene un valor ponderado de tal manera que se asignan mayores pesos a bordes más anchos y se asignan menores pesos a bordes menos anchos.

29. Método según la 22<sup>a</sup> reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que bordes cuyos gradientes de pico son menos de una fracción de respectivos promedios de gradientes de respectivos bordes no se permite que sus larguras contribuyan a la señal de enfoque.

30. Sistema según la 1<sup>a</sup> reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que bordes cuyos gradientes de pico son menos de una fracción de

respectivos promedios de gradientes de respectivos bordes no se permite que sus larguras contribuyan a la señal de enfoque.

31. Sistema según la 11<sup>a</sup> reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que bordes cuyos gradientes de pico son menos de una fracción de respectivos promedios de gradientes de respectivos bordes no se permite que sus larguras contribuyan a la señal de enfoque.



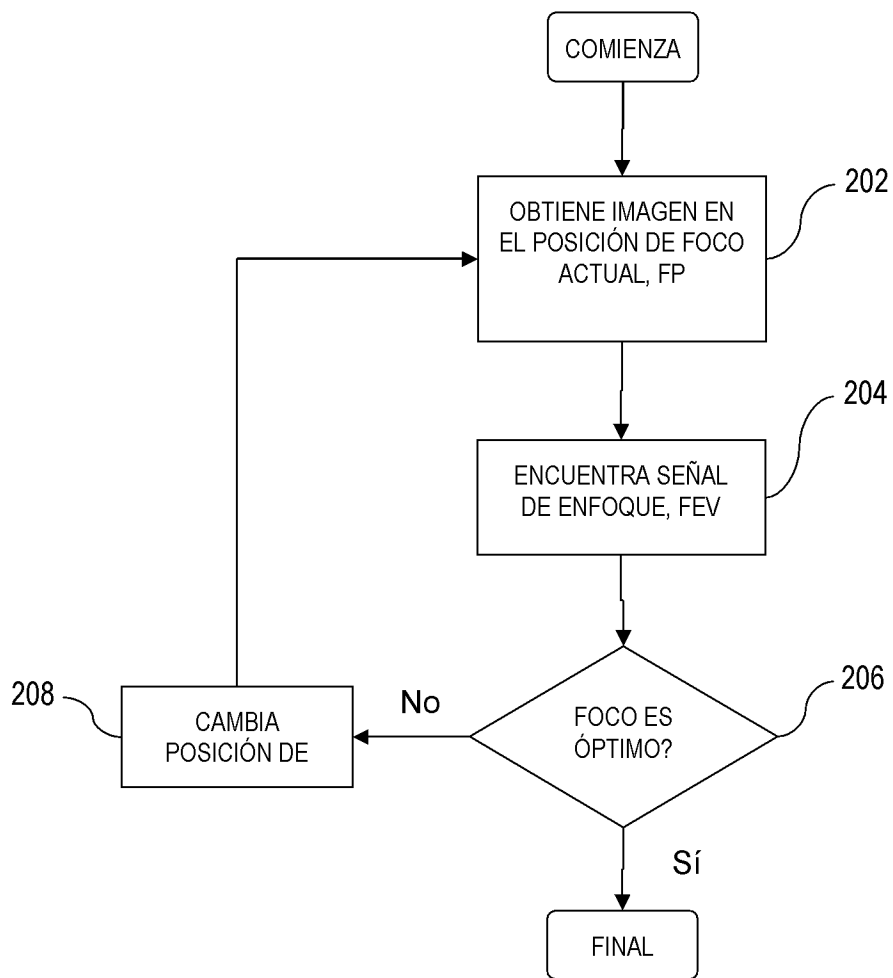


FIG. 2

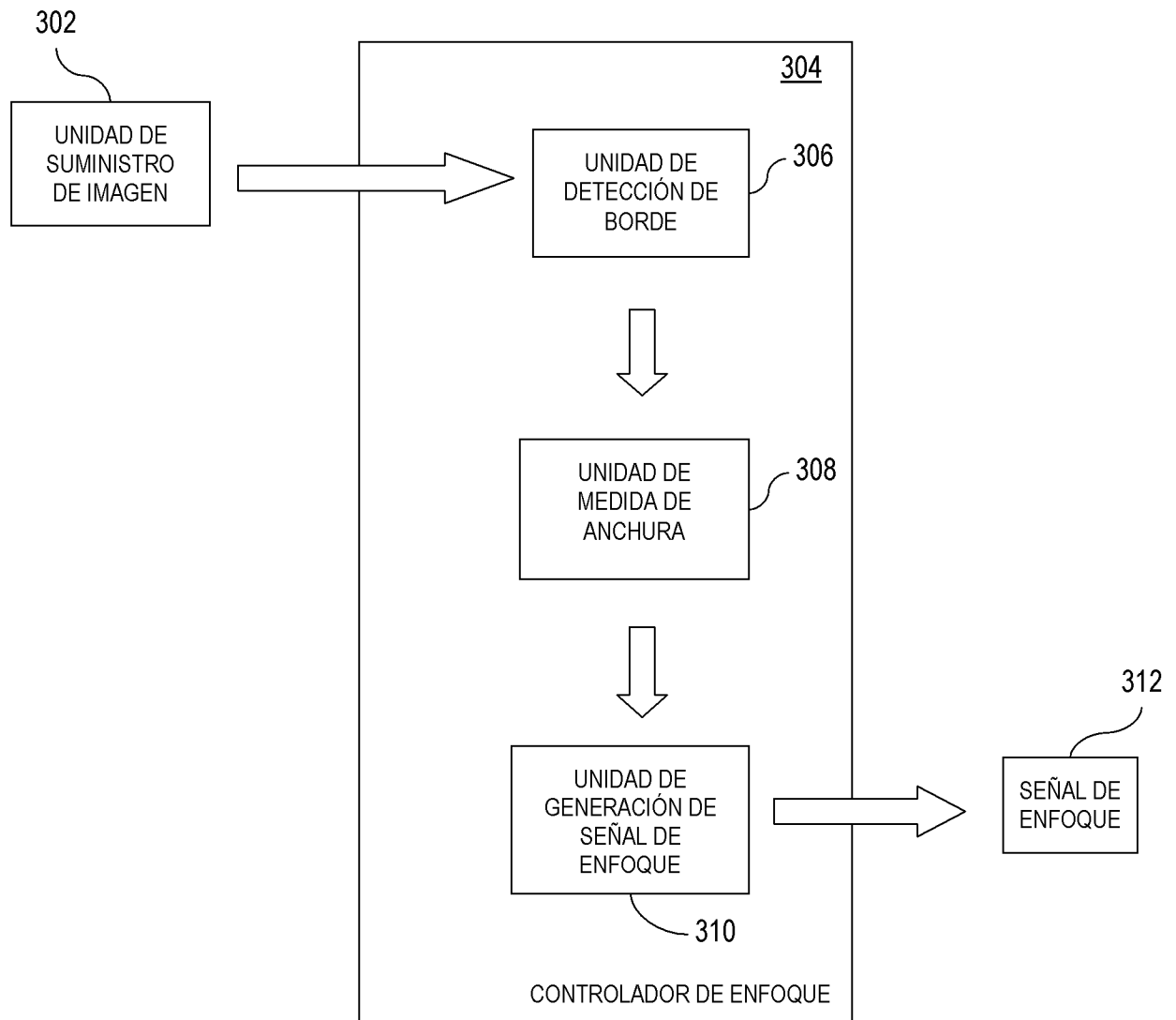


FIG. 3



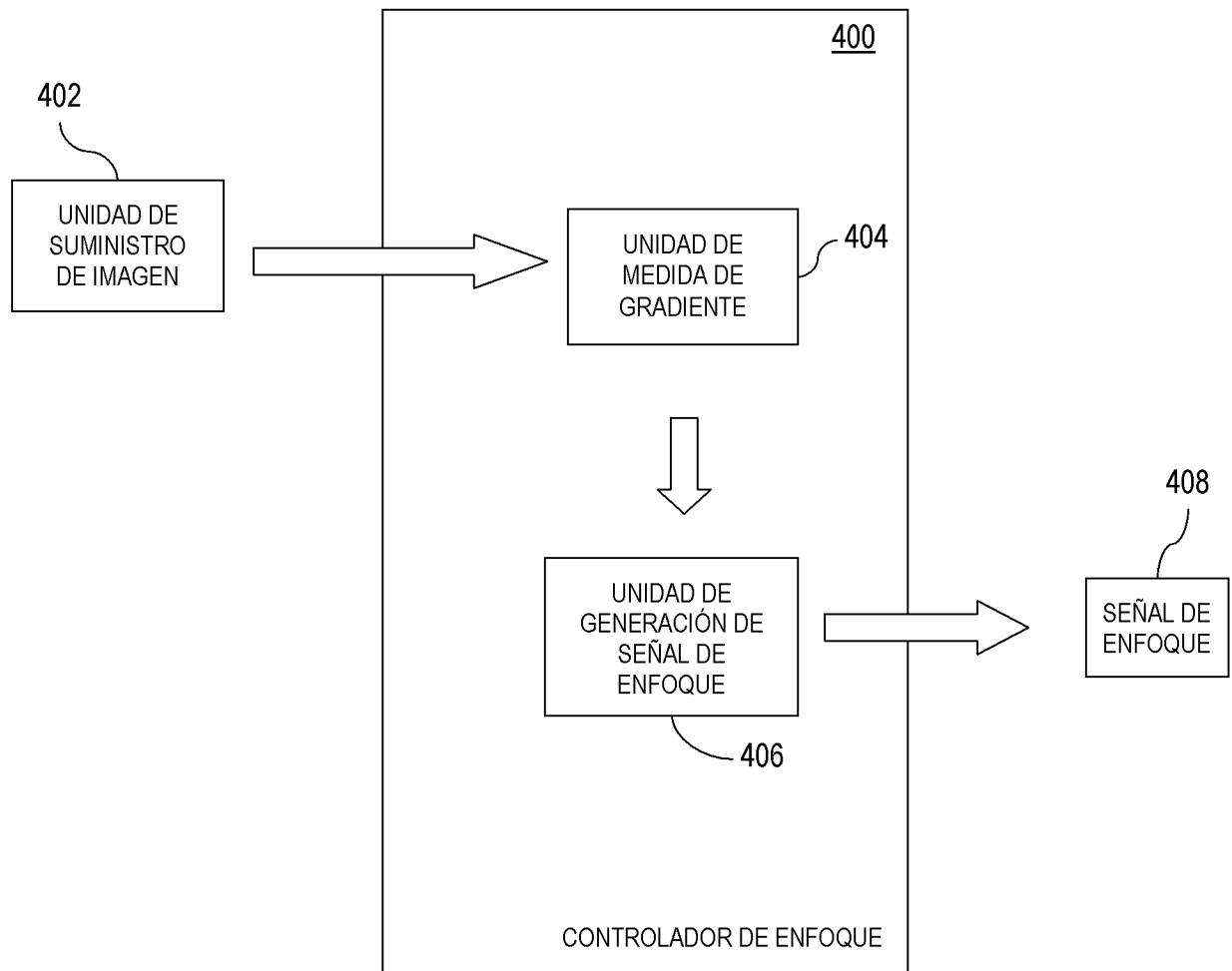


FIG. 4

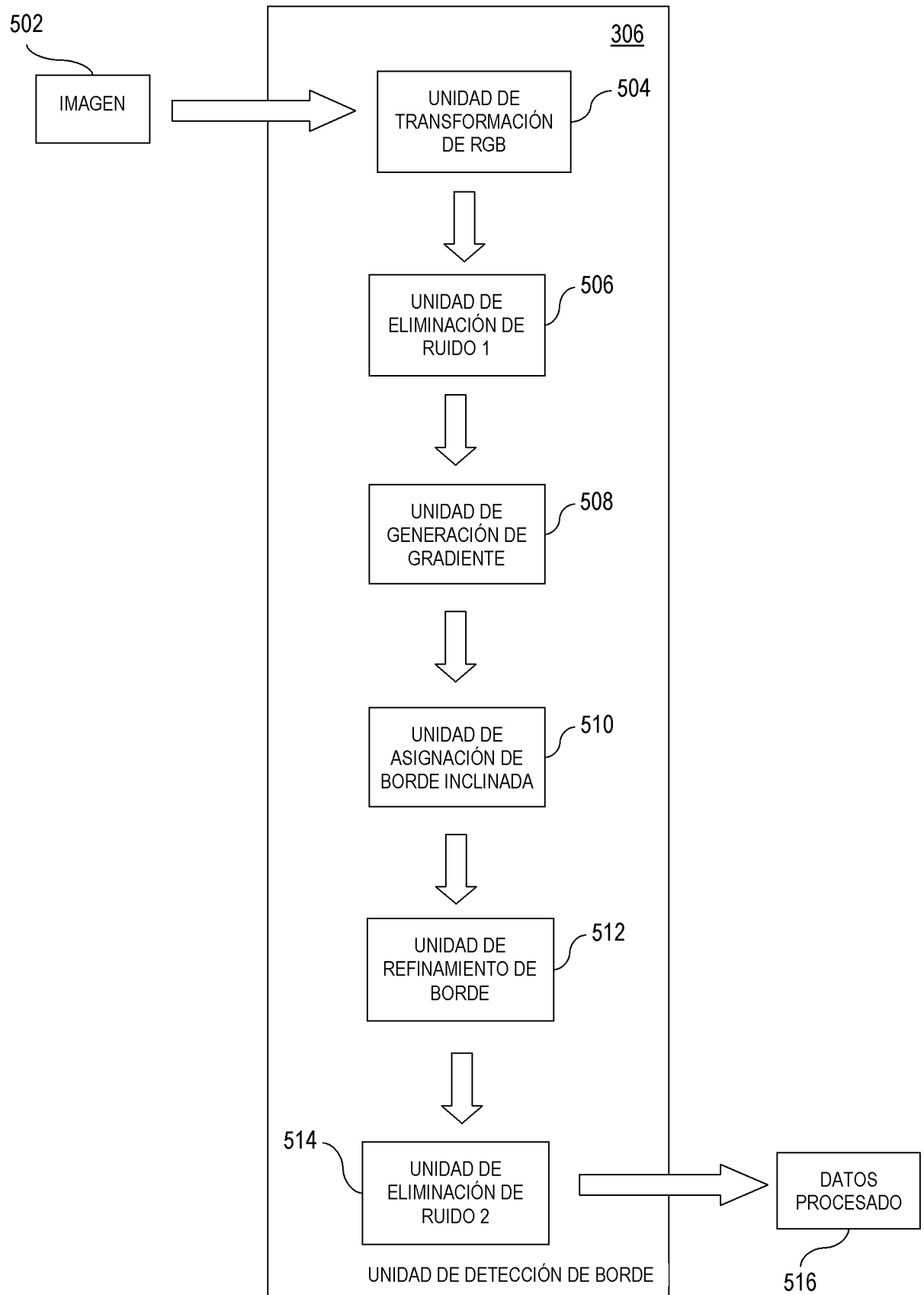


FIG. 5

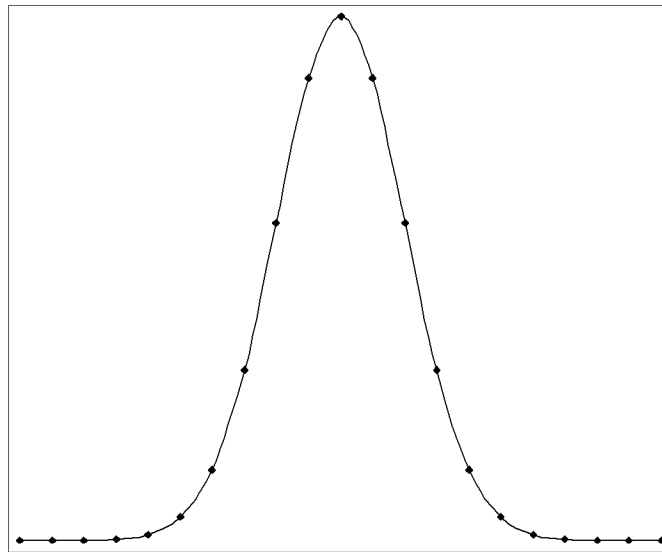


FIG. 6

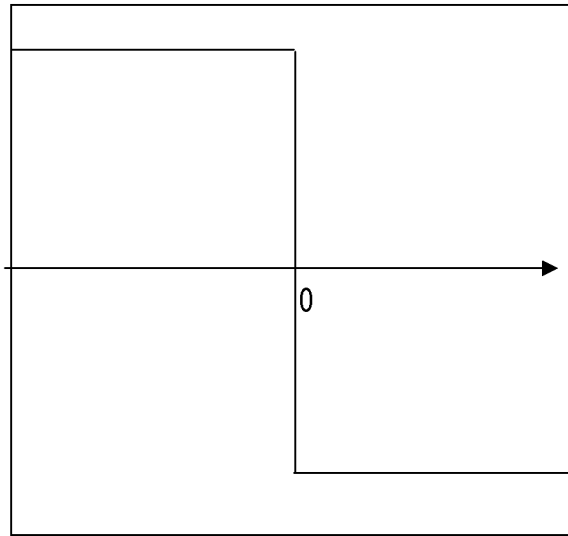


FIG. 7a

10 0	10 0	10 0	2 0
10 0	10 0	10 0	2 0
10 0	10 0	10 0	2 0
10 15	10 15	10 12	2 12
10 20	10 20	10 15	4 15
10 5	10 5	10 5	4 2

FIG. 7b

0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
15 H	15 H	12 H	12 H
20 H	20 H	15 H	15 H
0	0	0	0

FIG. 7c

10 V	10 V	10 V	2 V
10 V	10 V	10 V	2 V
10 V	10 V	10 V	2 V
0	0	0	0
0	0	0	0
10 V	10 V	10 V	4 V

FIG. 7d

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
R1	10 9 V	10 10 V	10 9 V	2 0 V	0 0 V	0 0 V
R2	3 0 V	10 8 V	10 11 H	9 10 H	1 0 V	0 0 V
R3	1 0 V	3 1 V	8 8 V	9 11 H	7 8 V	1 0 V
R4	0 0 V	1 0 V	3 2 V	7 8 H	8 10 H	7 8 V
R5	0 2 V	0 0 V	1 1 V	3 3 V	7 12 H	6 12 H
R6	0 1 V	0 1 V	0 0 V	1 2 V	3 0 V	1 8 H

FIG. 8a

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
R1	10 9 V	10 10 V	10 9 V	2 0 V	0 0 V	0 0 V
R2	3 0 V	10 8 V	10 11 V	9 10 V	1 0 V	0 0 V
R3	1 0 V	3 1 V	8 8 V	9 11 V	7 8 V	1 0 V
R4	0 0 V	1 0 V	3 2 V	7 8 V	8 10 V	7 8 V
R5	0 2 V	0 0 V	1 1 V	3 3 V	7 12 H	6 12 H
R6	0 1 V	0 1 V	0 0 V	1 2 V	3 0 V	1 8 H

FIG. 8b

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
R1	10 V	10 V	10 V	2 V	0 V	0 V
R2	3 V	10 V			1 V	0 V
R3	1 V	3 V	8 V		7 V	1 V
R4	0 V	1 V	3 V			7 V
R5	0 V	0 V	1 V	3 V		
R6	0 V	0 V	0 V	1 V	3 V	

FIG. 8c

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
R1						
R2			11 H	10 H		
R3				11 H		
R4				8 H	10 H	
R5					12 H	12 H
R6						8 H

FIG. 8d

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
R1	<b>10</b> V	<b>10</b> V	<b>10</b> V	2 V	0 V	0 V
R2	3 V	<b>10</b> V	<b>10</b> V	<b>9</b> V	1 V	0 V
R3	1 V	3 V	<b>8</b> V	<b>9</b> V	<b>7</b> V	1 V
R4	0 V	1 V	3 V	<b>7</b> V	<b>8</b> V	<b>7</b> V
R5	0 V	0 V	1 V	3 V		
R6	0 V	0 V	0 V	1 V	3 V	

FIG. 8e

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
R1						
R2						
R3						
R4						
R5					<b>12</b> <b>H</b>	<b>12</b> <b>H</b>
R6						<b>8</b> <b>H</b>

FIG. 8f

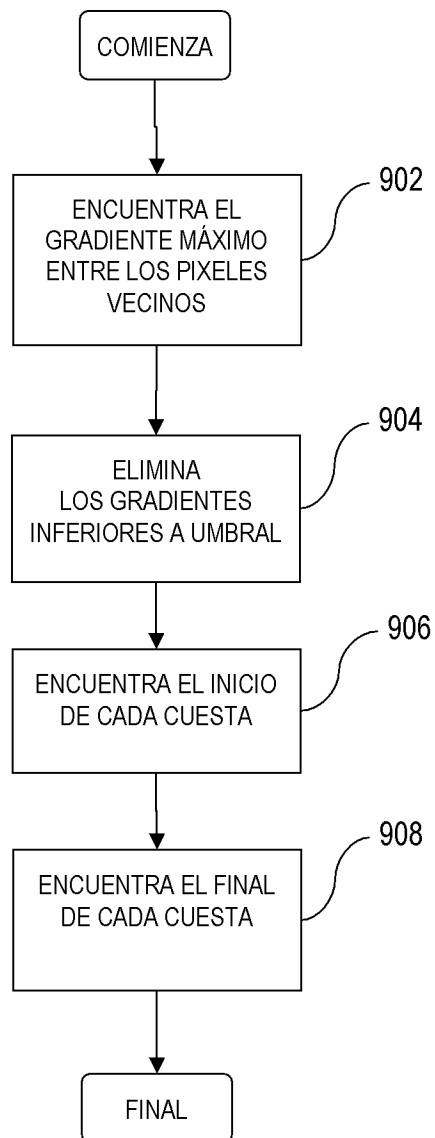


FIG. 9

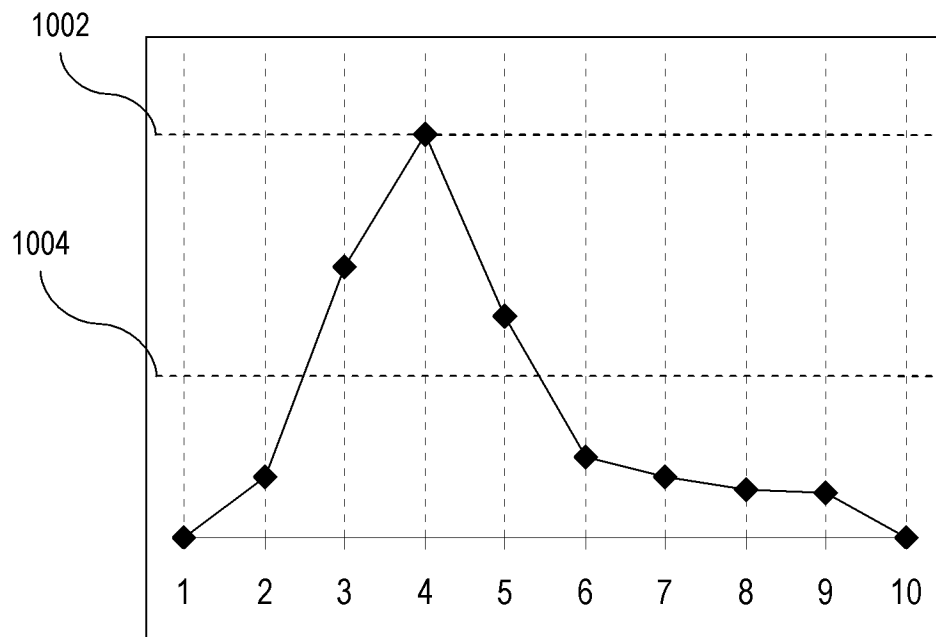


FIG. 10a

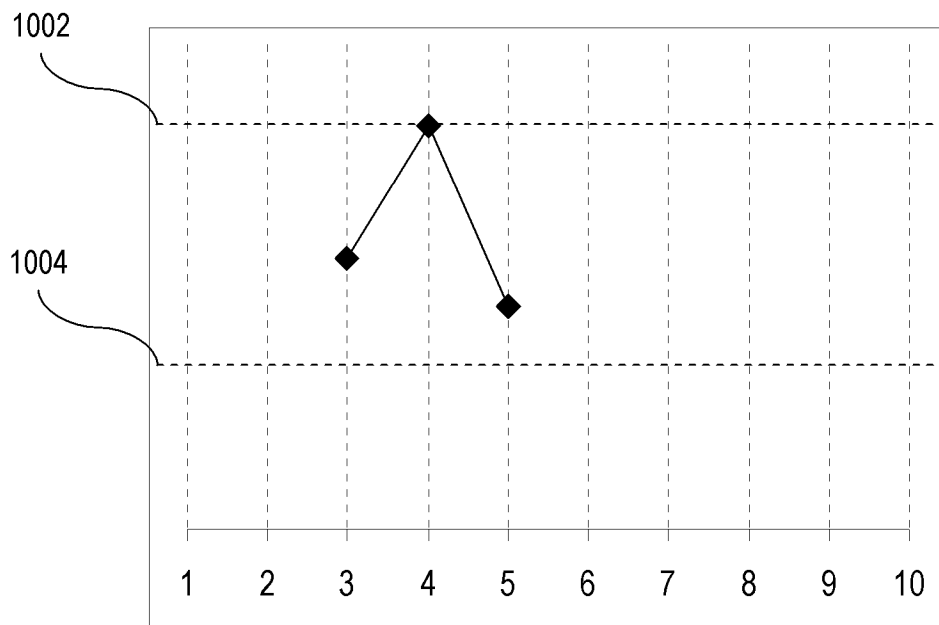


FIG. 10b



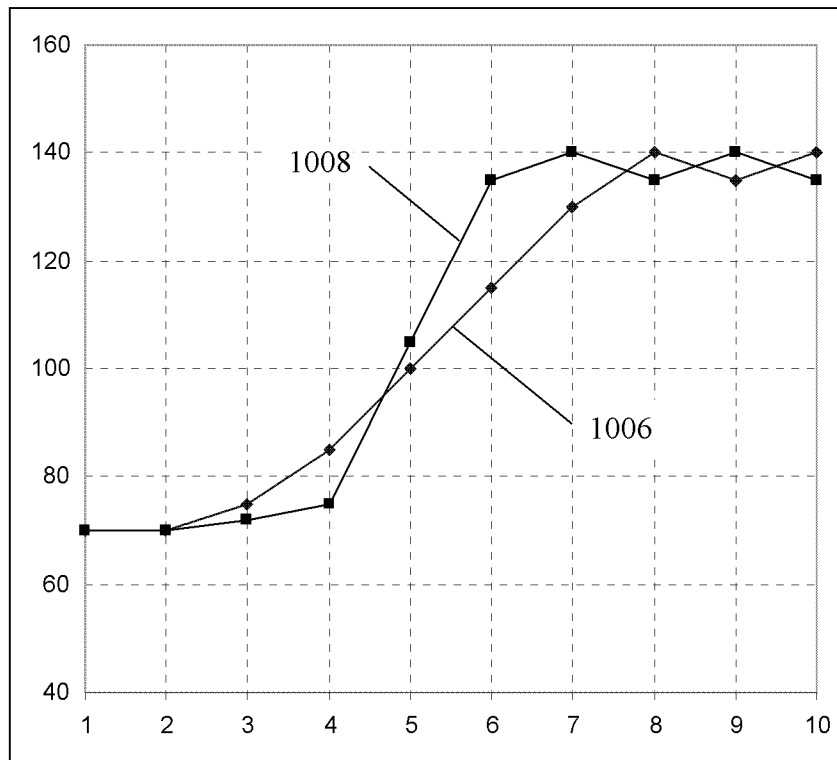


FIG. 10c

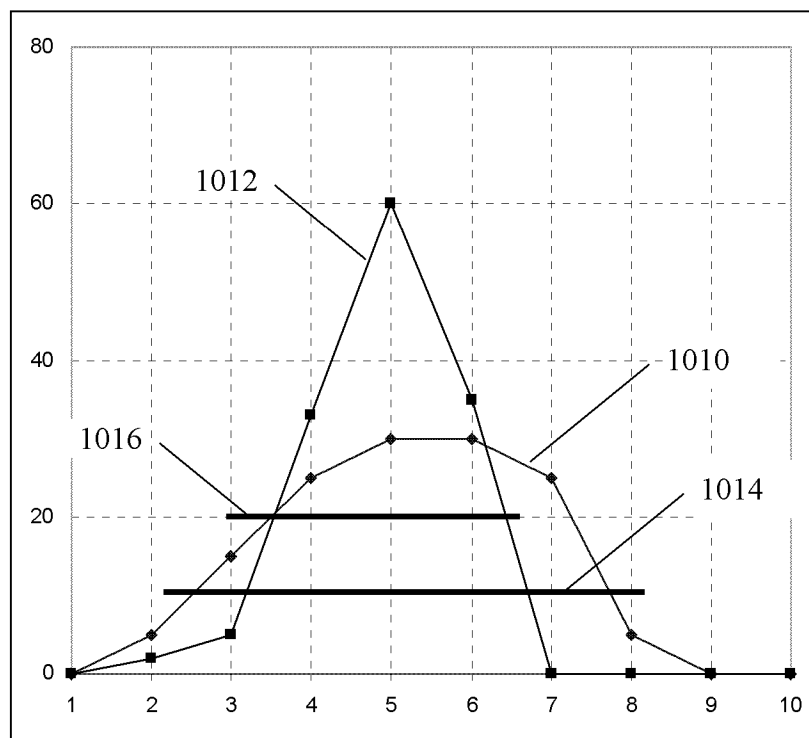


FIG. 10d

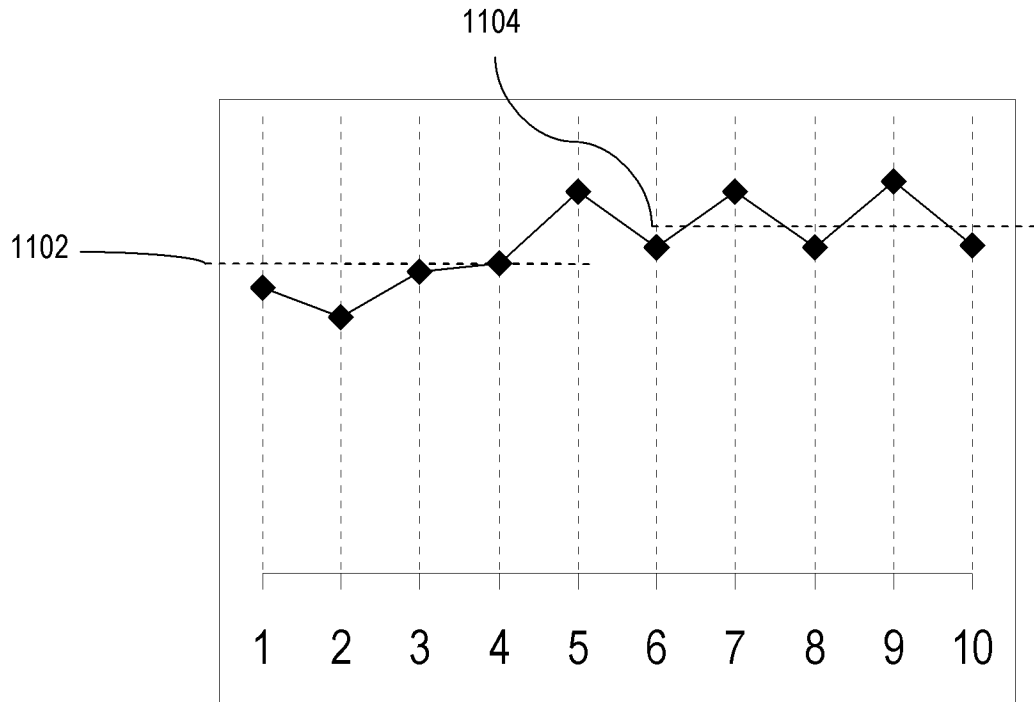


FIG. 11a

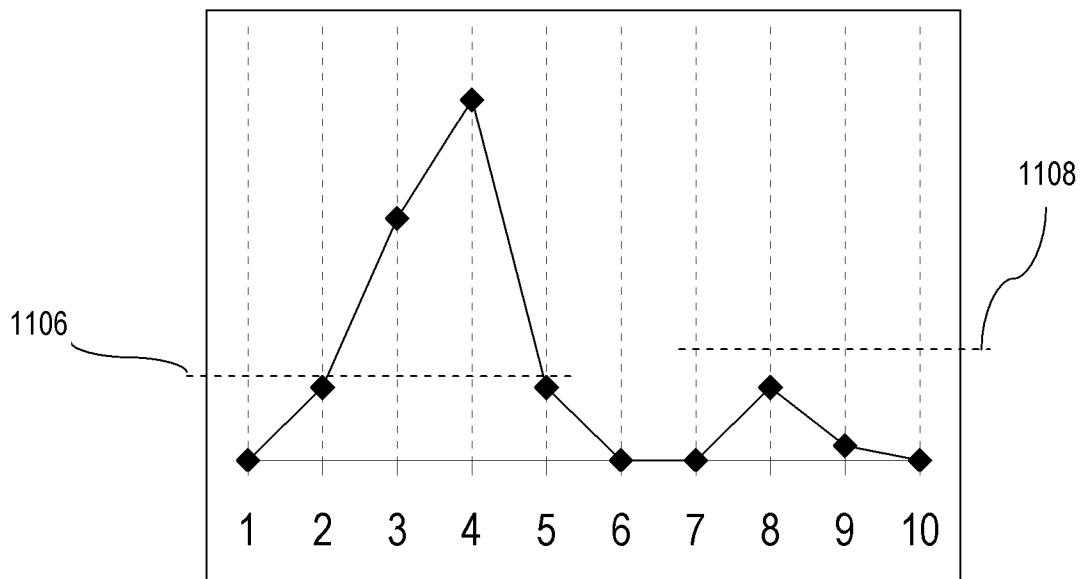


FIG. 11b

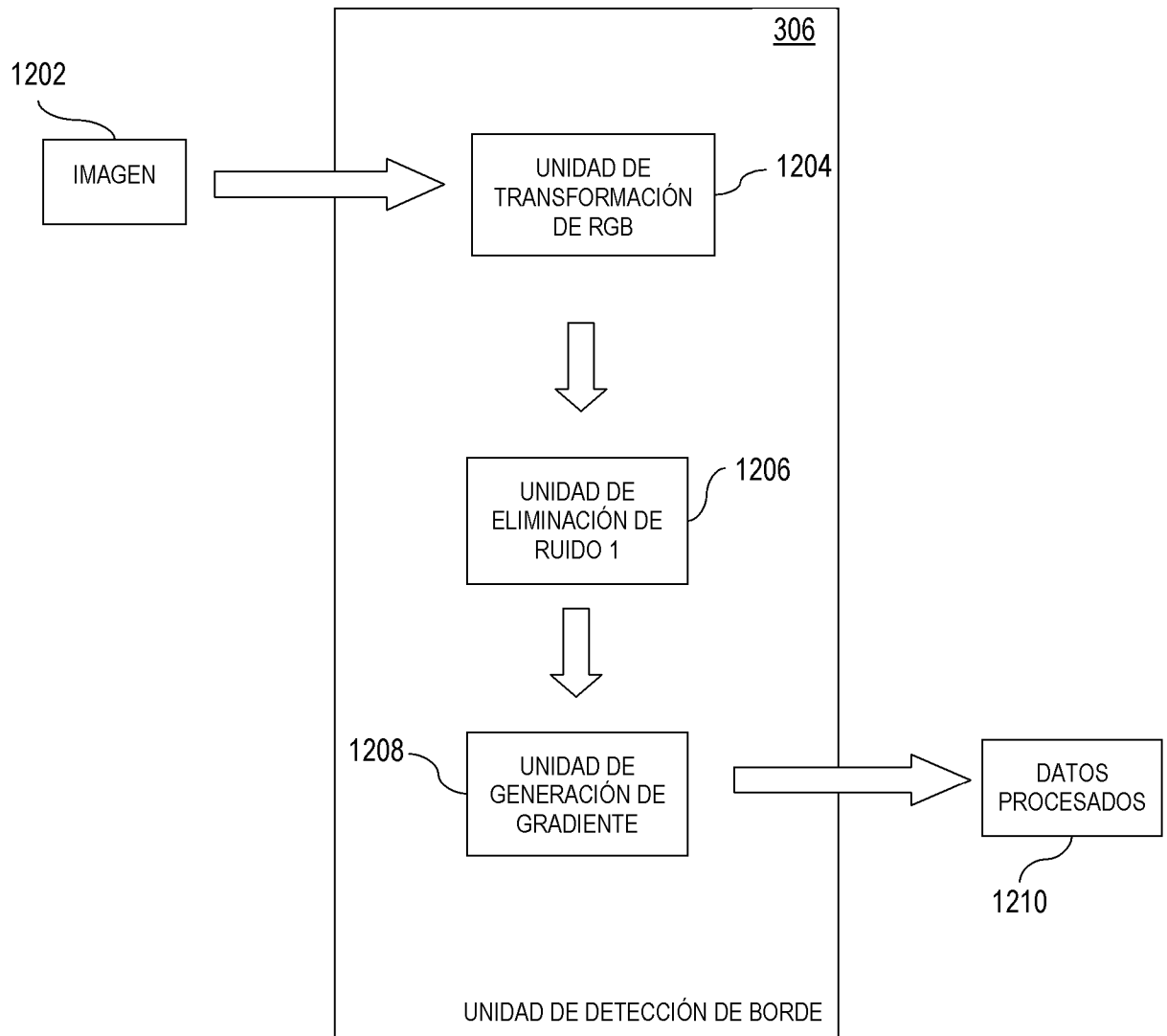


FIG. 12

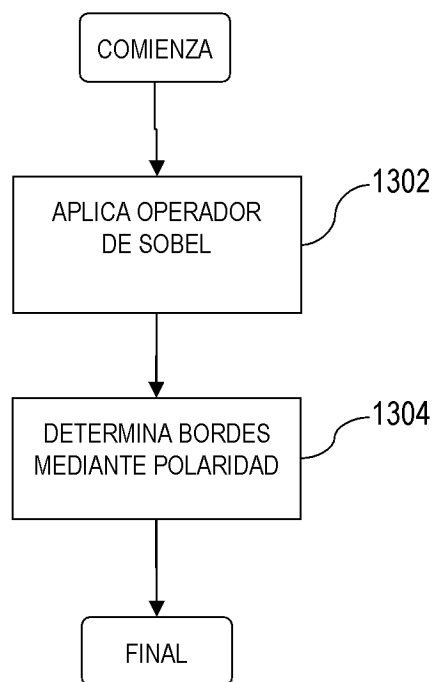


FIG. 13

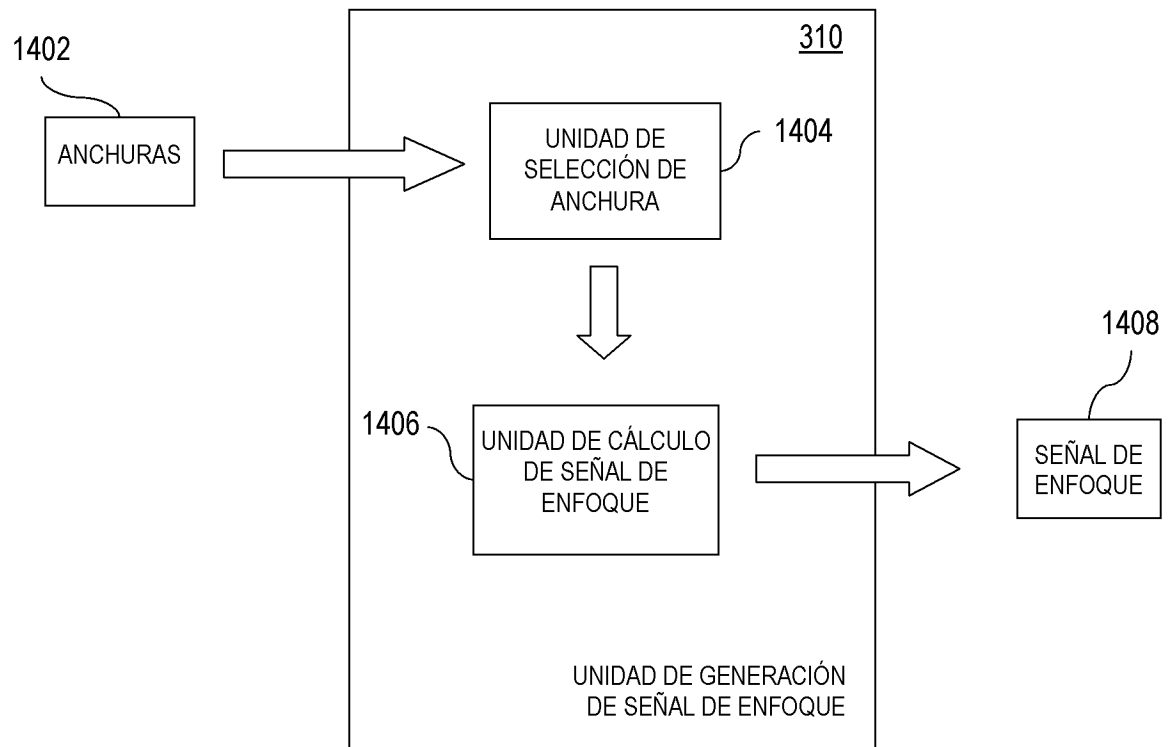


FIG. 14

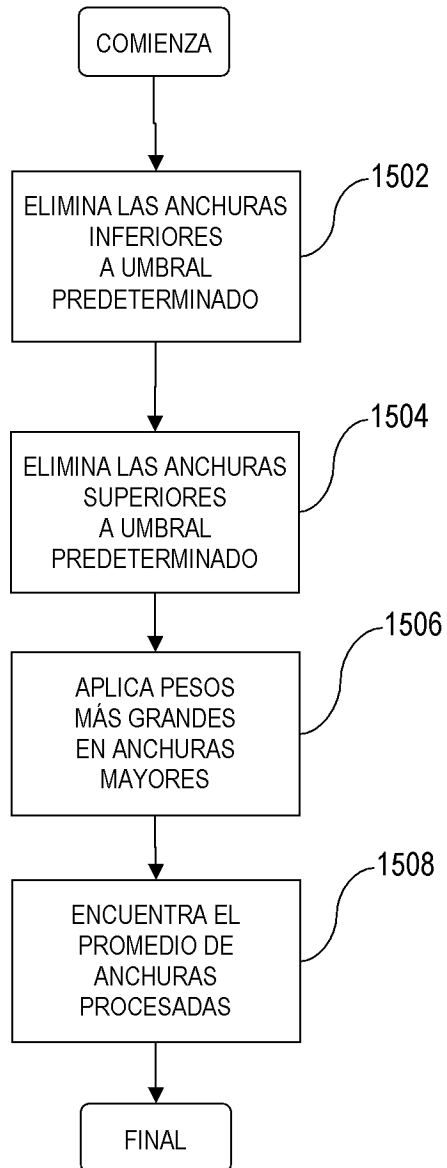


FIG. 15

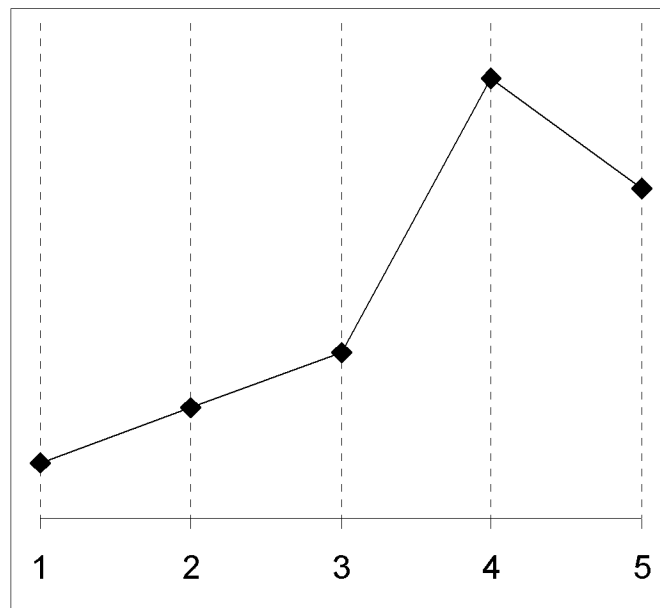


FIG. 16a

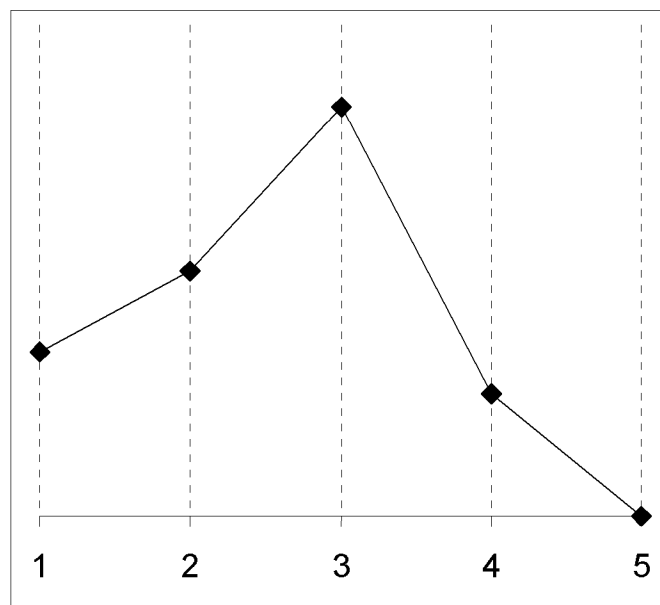


FIG. 16b

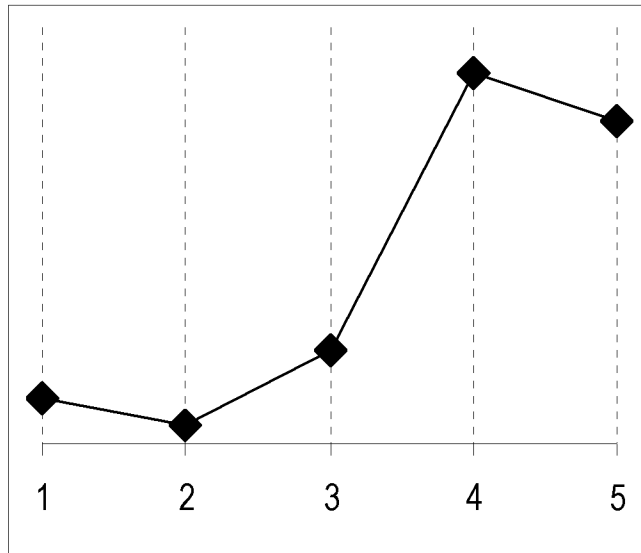


FIG. 17a

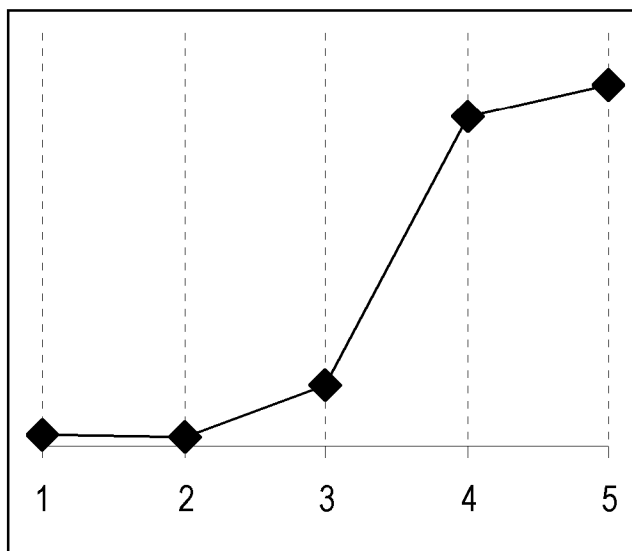


FIG. 17b





OFICINA ESPAÑOLA  
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201090020

②② Fecha de presentación de la solicitud: 17.10.2008

③② Fecha de prioridad: **22-10-2007**  
**11-04-2008**

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 2007025714 A1 (SHIRAKI HIDENORI) 01/02/2007,	1,11,20
A	US 5649239 A (TAMEKUNI YASUHIRO) 15/07/1997,	1,11,20
A	JP 2006064855 A (KONICA MINOLTA OPTO INC) 09/03/2006,	1,11,20
A	US 2007110420 A1 (SAMADANI RAMIN ET AL.) 17/05/2007,	1,11,20

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

#### El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
14.01.2013

Examinador  
M. d. González Vasserot

Página  
1/4

## CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

**H04N5/235** (2006.01)

**H04N5/232** (2006.01)

**G03B17/44** (2006.01)

**G03B17/00** (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H04N, G03B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 14.01.2013

**Declaración****Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)**

Reivindicaciones 1-28  
Reivindicaciones

**SI**  
**NO**

**Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)**

Reivindicaciones 1-28  
Reivindicaciones

**SI**  
**NO**

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 2007025714 A1 (SHIRAKI HIDENORI)	01.02.2007
D02	US 5649239 A (TAMEKUNI YASUHIRO)	15.07.1997
D03	JP 2006064855 A (KONICA MINOLTA OPTO INC)	09.03.2006
D04	US 2007110420 A1 (SAMADANI RAMIN et al.)	17.05.2007

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

Los documentos citados solo muestran el estado general de la técnica, y no se consideran de particular relevancia. Así, la invención reivindicada se considera que cumple los requisitos de novedad, actividad inventiva y aplicación industrial.

1.- El objeto de la presente solicitud de patente consiste en un sistema de enfoque automático de imagen que incluye un sensor de imagen acoplado a un controlador. El sensor de imagen capta una imagen que tiene al menos un borde con una anchura. El controlador genera una señal de enfoque que es una función de la anchura de borde. Un lente recibe la señal de enfoque y ajusta un foco. La anchura de borde se puede determinar mediante diversas técnicas como el uso de gradientes. Un histograma de anchuras de borde se puede utilizar para determinar si una determinada imagen está enfocada o desenfocada. Un histograma con una gran población de anchuras de borde finas es indicativo de una imagen enfocada.

2.- El problema planteado por el solicitante es lo siguiente: Muchos dispositivos de captura de imagen como cámaras incluyen un sistema de enfoque automático. El proceso de auto-enfoque incluye los pasos de capturar una imagen, procesar la imagen para determinar si está en foco, y si no, generar una señal de retroalimentación que se utiliza para variar el enfoque de la lente del dispositivo. Hay dos técnicas principales para autoenfoque. La primera técnica consiste en medir el contraste, la otra técnica se basa en las diferencias de fase entre pares de imágenes. En el método de contraste, la diferencia de intensidad entre píxeles adyacentes se analiza y el enfoque se ajusta hasta que un máximo de contraste se detecta. Aunque aceptable para imágenes fijas, la técnica de contraste no es adecuada para vídeo en movimiento.

El método de diferencia de fase incluye la división de una imagen de entrada en dos imágenes que son captadas por sensores de imagen separados. Las dos imágenes son comparadas para determinar una diferencia de fase. El enfoque se ajusta hasta que las dos imágenes coinciden. El método de diferencia de fase requiere de componentes adicionales, tales como divisores de haz y un sensor de imagen adicional. Además, el enfoque de diferencia de fase analiza un grupo relativamente pequeño de puntos fijos de detección. Tener un pequeño grupo de puntos de detección es propenso a error, porque el ruido puede ser superpuesto a uno o más puntos. Esta técnica es también ineficaz si los puntos de detección no coinciden con un borde de la imagen. Por último, dado que el método de diferencia de fase divide la luz, la cantidad de luz que incide sobre un sensor de luz se corta por la mitad. Esto puede ser problemático en débiles situaciones donde la intensidad de la luz de la imagen ya es baja.

El documento D1 puede considerarse como el representante del estado de la técnica más cercano ya que en este documento confluyen la mayoría de las características técnicas reivindicadas.

**Análisis de las reivindicaciones independientes 1,11,20**

D1 se diferencia del documento de solicitud de patente en que el controlador no genera una señal de enfoque en función de la anchura de borde. Esto afecta a las tres reivindicaciones independientes 1,11 y 20.

Las reivindicaciones 1,11 y 20 son nuevas (Art. 6.1 LP 11/1986) y tienen actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986).

**Análisis del resto de los documentos**

De este modo, ni el documento D1, ni ninguno del resto de los documentos citados en el Informe del Estado de la Técnica, tomados solos o en combinación, revelan la invención en estudio tal y como es definida en las reivindicaciones independientes, de modo que los documentos citados solo muestran el estado general de la técnica, y no se consideran de particular relevancia. Además, en los documentos citados no hay sugerencias que dirijan al experto en la materia a una combinación que pudiera hacer evidente la invención definida por estas reivindicaciones y no se considera obvio para una persona experta en la materia aplicar las características incluidas en los documentos citados y llegar a la invención como se revela en la misma.