

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 658 061**

51 Int. Cl.:

H04N 5/235 (2006.01)

G06T 5/50 (2006.01)

H04N 5/265 (2006.01)

H04N 5/50 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.01.2016 E 16150989 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.12.2017 EP 3046320**

54 Título: **Método para generar una imagen HDR de una escena basándose en una solución de compromiso entre la distribución de brillo y el movimiento**

30 Prioridad:

19.01.2015 EP 15305054

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

08.03.2018

73 Titular/es:

THOMSON LICENSING (100.0%)

**1-5, rue Jeanne d'Arc
92130 Issy-les-Moulineaux, FR**

72 Inventor/es:

**POULI, TANIA FOTEINI;
REINHARD, ERIK y
GRYADITSKAYA, YULIA**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 658 061 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

Método para generar una imagen HDR de una escena basándose en una solución de compromiso entre la distribución de brillo y el movimiento

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere, en general, a la formación de imágenes digitales de alto rango dinámico (HDR) y, en particular, a la determinación y la fijación de parámetros de exposición para la detección de datos de imagen por un dispositivo de formación de imágenes, tal como una cámara digital, con el fin de producir una imagen de alto rango dinámico (HDR) de una escena.

Antecedentes técnicos

- 10 El rango dinámico es la relación entre las señales más grande y más pequeña posibles que puede generar un sensor o un accionador. Tal como se usa en la presente, la expresión "rango dinámico" se refiere al rango dinámico de un dispositivo de captura de imágenes, tal como una cámara digital.

- 15 Para capturar imágenes HDR de una escena, múltiples cuadros de esta escena son capturados en general por un dispositivo de captura de imágenes HDR con diversas exposiciones. En una configuración tradicional de este dispositivo, las exposiciones, en general, se espacian de tal manera que abarcan la distribución completa de iluminación de la escena. A un proceso de este tipo se le conoce como "horquillado de exposición". Las cámaras actuales permiten la captura de 3 a 9 horquillas de exposición, que pueden estar separadas entre sí de 1/3 f-stop a 3 f-stops, donde 1 f-stop es una unidad logarítmica. El f-stop es la relación de la distancia focal de la lente de la cámara con respecto al diámetro de la pupila de entrada de esta lente. Para crear una imagen HDR a partir de estos cuadros con diferentes exposiciones, la secuencia de exposiciones se fusiona combinando, según una manera conocida de por sí, las partes adecuadamente expuestas de cada exposición. En general, las exposiciones se escalan de acuerdo con su tiempo de exposición, y cada píxel de cada cuadro recibe un factor de ponderación en función de la intensidad de su luz – los píxeles más próximos a la parte central del rango reciben un peso mayor ya que es más probable que representen información útil. Véase, por ejemplo: Pradeep Sen, Nima Khademi Kalantari, Maziar Yaesoubi, Soheil Darabi, Dan B. Goldman y Eli Shechtman. *Robust patch-based HDR reconstruction of dynamic scenes*. *ACM Transactions of Graphics*, 31(6):203:1-203:11, 2012.
- 20
- 25

- Típicamente, las exposiciones de los diferentes cuadros usados para construir una imagen HDR están espaciadas uniformemente. Debido al espaciamiento uniforme de las exposiciones, estas soluciones presentan una serie de puntos débiles. En primer lugar, pueden capturarse demasiadas exposiciones, que dupliquen, cada una de ellas, una gran cantidad del contenido de exposiciones adyacentes. En segundo lugar, si las exposiciones se espacian más, la imagen HDR resultante puede adolecer de demasiado ruido en las áreas oscuras.
- 30

- En el artículo titulado "Metering for exposure stacks", publicado en 2012 por Orazio Gallo et al. en *Computer Graphics Forum*, volumen 31, páginas 479 a 488 (Wiley Online Library), antes de capturar el conjunto de exposiciones usadas para construir una imagen HDR, un algoritmo realiza una estimación del histograma HDR de la escena usando exposiciones de baja resolución. Basándose en este histograma, todas las combinaciones de las exposiciones se someten a prueba para decidir cuál es la óptima para la captura de la escena en HDR. Para guiar la selección y la posición de las exposiciones, también se tienen en cuenta características de ruido de manera que la selección final minimiza el ruido. A continuación, la serie de exposiciones se captura con estos ajustes. Debido a que este planteamiento está diseñado para capturar una única imagen HDR, el mismo presenta las siguientes desventajas:
- 35
- 40

- no se considera ningún movimiento;

- no es práctico para vídeo en la medida en la que requiere construir el histograma de HDR completo. Esto provocaría muchos cuadros perdidos y, por lo tanto, el resultado final tendría una baja frecuencia de cuadro.

Se aplican las mismas conclusiones a los documentos US7382931 y US8582001.

- 45 Cuando se aplica un proceso HDR del tipo mencionado a la captura de vídeo, se capturan sucesivamente cuadros alternos usando diferentes ajustes de exposición: a dicho proceso se le denomina "horquillado temporal". Sin embargo, puesto que algunos objetos de la escena se pueden mover durante la captura de las exposiciones sucesivas usadas para construir cada imagen HDR del vídeo (o la cámara se puede mover), y puesto que estas diferentes exposiciones capturan la escena en momentos diferentes, la fusión de estas exposiciones puede crear artefactos de movimiento. Por otra parte, en la medida en la que la frecuencia de las imágenes HDR es una división de la frecuencia de cuadro permitida por el dispositivo de captura de imágenes de vídeo, esta frecuencia de HDR puede ser demasiado baja para evitar la borrosidad de movimiento.
- 50

Por lo tanto, existe una necesidad de una solución de compromiso entre un rango dinámico alto y una captura nítida de movimiento.

Sumario de la invención

Uno de los objetivos de la invención es una solución de compromiso del tipo mencionado.

5 Uno de los objetos de la invención es un método para generar una imagen HDR de una escena, en donde un cuadro actual que constituye una imagen de dicha escena se ha capturado con una exposición actual y un cuadro previo que constituye una imagen de dicha escena se ha capturado antes de dicho cuadro actual, comprendiendo dicho método:

- 10 - fijar una exposición para un cuadro subsiguiente en función de dicha exposición actual, de una primera distribución de brillo de colores de píxeles de dicho cuadro actual y de una segunda distribución de brillo de colores de estos píxeles ponderada por el movimiento de estos píxeles, en donde dicho movimiento se evalúa para estos píxeles en comparación con dicho cuadro previo,
- capturar dicho cuadro subsiguiente con dicha exposición fijada,
- fusionar dicho cuadro subsiguiente con al menos dicho cuadro actual en una imagen HDR.

15 Cada uno de dichos cuadros, es decir, los cuadros previo, actual y subsiguiente, constituye una imagen de dicha escena en instantes diferentes. Estos cuadros previo, actual y subsiguiente pueden ser cuadros que se capturan sucesivamente, es decir, sin ningún otro cuadro(s) entre ellos, o pueden ser cuadros que no se capturan sucesivamente, es decir, con otro cuadro(s) entre ellos.

Dicha región de movimiento puede concernir a diferentes partes de dicho cuadro actual que no están unidas entre sí. La evaluación de este movimiento para estos píxeles también puede tener en cuenta otros parámetros como complemento a la comparación con el cuadro previo.

20 Para determinar sobre la marcha los ajustes de exposición óptimos de los diferentes cuadros a fusionar con el fin de obtener imágenes HDR de una escena, el método propuesto de captura de imágenes/cuadros considera de manera ventajosa tanto el rango dinámico de esta escena como el movimiento de la misma. El método cambia dinámicamente la exposición de un cuadro a otro, no solamente en función de la distribución de valores de brillo en la escena como en la técnica anterior, sino también en función del movimiento detectad en esta escena. Este método hace uso, de manera ventajosa, de datos de movimiento local y global junto con la información del histograma de luminancia para decidir cuántas exposiciones son posibles para una escena dada sin crear artefactos de movimiento.

30 En lugar de usar parámetros predefinidos para definir exposiciones de cuadros sucesivos utilizados para generar una imagen HDR, el método define una exposición para un cuadro subsiguiente inmediatamente después de capturar un cuadro actual.

35 Como ventaja secundaria, el método no reduce la frecuencia de cuadro puesto que el número de imágenes HDR generadas en una secuencia será prácticamente igual al número de cuadros usados para la generación de estas imágenes HDR. Por ejemplo, si la escena tiene dos áreas diferenciadas con niveles de brillo muy diferentes, el método alineará exposiciones con cada uno de estos niveles aunque espaciará más las exposiciones de manera que el solapamiento entre ellas se minimice o elimine, dependiendo también de qué algoritmo de fusión se aplique para el post-procesado. De manera similar, si un objeto sombreado se está moviendo delante de un fondo iluminado (o viceversa), las exposiciones se espaciarán en torno al nivel de intensidad del objeto en movimiento, de manera que su movimiento se pueda capturar adecuadamente. En las áreas del fondo iluminado (o viceversa), el método se basará en los cuadros más distantes espacialmente, donde el movimiento en las áreas oscuras (iluminadas) no era considerable y permitía capturar el rango dinámico de la escena completa. De este modo, aunque se da prioridad a la región con movimiento, el método puede reconstruir, de manera ventajosa, para cada imagen LDR generada, el rango de la escena completa si, en uno de los cuadros vecinos, el movimiento se redujo. Si no, el método sigue ampliando el rango en comparación con una única imagen LDR.

45 Preferentemente, dicho movimiento es nulo para por lo menos un píxel del cuadro actual. Eso significa que este cuadro comprende realmente una región sin movimiento. De manera más general, significa que la evaluación del movimiento para píxeles del cuadro actual en comparación con píxeles correspondientes en el cuadro previo conduce a valores diferentes de movimiento, especialmente de amplitud de movimiento, incluyendo en especial cero.

50 Preferentemente, dicha exposición para el cuadro subsiguiente se fija en función también de una dirección preferida de cambio de exposición para dicho cuadro actual.

Preferentemente, dicho método comprende la determinación de una dirección preferida de cambio de exposición para un cuadro que sigue al cuadro subsiguiente.

Preferentemente, dicha fijación de una exposición para el cuadro subsiguiente comprende una estimación de una exposición inicial sobre la base de dicha primera distribución del brillo, aunque no sobre la base de dicha segunda

distribución del brillo, una estimación de una exposición ajustada sobre la base de dicha segunda distribución del brillo, y una estimación final de dicha exposición para el cuadro subsiguiente adaptada para escoger entre dicha exposición inicial y dicha exposición ajustada como valor para dicha exposición para el cuadro subsiguiente.

5 Uno de los objetos de la invención es también un dispositivo de captura de imágenes HDR que comprende un sensor de cuadros configurado para capturar cuadros sucesivos que constituyen imágenes de una escena especialmente para capturar un cuadro actual con una exposición actual y un cuadro previo, y un procesador configurado para:

10 - fijar una exposición para un cuadro subsiguiente en función de dicha exposición actual, de una primera distribución de brillo de colores de píxeles de dicho cuadro actual y de una segunda distribución de brillo de colores de esos píxeles ponderada por el movimiento de dichos píxeles, en donde dicho movimiento se evalúa para dichos píxeles en comparación con dicho cuadro previo,

- activar la captura de dicho cuadro subsiguiente con dicha exposición fijada por parte de dicho sensor de cuadros,

- fusionar dicho cuadro subsiguiente con al menos dicho cuadro actual en una imagen HDR.

Breve descripción de los dibujos

15 La invención se entenderá más claramente al leer la descripción que se ofrece a continuación, ofrecida a título de ejemplo no limitativo y en referencia a las figuras adjuntas en las cuales:

- la figura 1 es un diagrama de bloques simplificado de un dispositivo de captura de imágenes de vídeo de acuerdo con una realización principal de la invención;

20 - la figura 2 es un diagrama que ilustra un método para generar una imagen HDR de una escena usando el dispositivo de captura de imágenes de vídeo de la Figura 1, de acuerdo con una realización principal de la invención;

25 - la figura 3 es un árbol de decisión usado en esta realización principal, cuando la dirección de cambio de exposición para el cuadro subsiguiente es "arriba", con el fin de implementar la etapa de estimación final de la exposición para este cuadro subsiguiente y la etapa de determinación de dirección del cambio de exposición para el siguiente cuadro;

- la figura 4 es un árbol de decisión usado en esta realización principal, cuando la dirección del cambio de exposición para el cuadro subsiguiente es "abajo", con el fin de implementar la etapa de estimación final de la exposición para este cuadro subsiguiente y la etapa de determinación de dirección del cambio de exposición para el siguiente cuadro;

30 - la figura 5 ilustra un histograma de valores de brillo Z en un cuadro actual f_i de una iteración del método ilustrado en la figura 2 de acuerdo con una realización principal;

- la figura 6 ilustra el mismo histograma de valores de brillo Z que la figura 5, con un histograma acumulado en una línea de puntos.

Descripción de realizaciones

35 Aquellos versados en la materia apreciarán que los diagramas de flujo, esquemas y similares presentados en este documento representan vistas conceptuales de circuitería ilustrativa que materializa la invención. Los mismos se pueden representar sustancialmente en soportes legibles por ordenador y por tanto pueden ser ejecutados por un ordenador o procesador, con independencia de que dicho ordenador o procesador se muestre explícitamente o no.

40 De acuerdo con una realización principal de la invención, la figura 1 representa un diagrama de bloques simplificado de un dispositivo de captura de imágenes de vídeo, y, más particularmente, una cámara de vídeo digital. La cámara 100 de vídeo digital incluye un sensor 110 de cuadros. El sensor 110 de cuadros puede referirse a una combinación de una lente óptica y una circuitería de detección de luz (por ejemplo, circuito integrado CMOS, etcétera) configurada para capturar una imagen o un cuadro de una escena. Este sensor 110 de cuadros está caracterizado según una manera conocida por sí, por una función de respuesta de cámara ("CRF"), que acepta un valor de brillo y devuelve un valor de brillo. Esta CRF puede considerarse como una gamma inversa. Su función es linealizar la imagen con respecto a la no linealidad del sensor.

45 Los datos de imagen detectados por el sensor 110 de cuadros pueden ser proporcionados al procesador 120 en forma de datos de cuadro capturados por medio de un bus. Los datos de cuadro capturados incluyen datos de color en relación con los diferentes píxeles de un cuadro.

50 El procesador 120 se puede implementar usando uno de entre un microprocesador de circuito integrado, un microcontrolador, un procesador de señal digital y un procesador en general. El procesador 120 se puede configurar para procesar datos de cuadro recibidos, basándose, por ejemplo, en algoritmos de procesamiento de imágenes

específicos almacenados en la memoria 130 en forma de instrucciones ejecutables por un procesador. El procesador 120 está configurado además para proporcionar valores de exposición al sensor 110 de cuadros por medio de un bus, tal como para permitir que este sensor 110 de cuadros capture cuadros con dichos valores de exposición.

5 Los datos procesados, tales como datos de imagen HDR generados por el procesador 120, se pueden almacenar en la memoria 130 y/o se pueden proporcionar al módulo 140 de visualización para ser visionados. Debe apreciarse que la memoria 130 puede referirse a cualquier combinación de diferentes dispositivos de almacenamiento de memoria, tales como una unidad de disco duro, una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM), una memoria *flash*, o cualquier otro tipo de memoria volátil y/o no volátil. Debe apreciarse además
10 que la memoria 130 se puede implementar en forma de memorias múltiples o discretas para almacenar datos de imagen procesados, así como las instrucciones ejecutables por procesador para procesar los datos de imagen capturados. Además, la memoria 130 puede incluir memoria extraíble, tal como una memoria *flash*, para el almacenamiento de datos de imagen.

15 El módulo 140 de visualización puede referirse a una pantalla de cristal líquido (LCD) incorporada en la cámara digital 100 para la visualización de datos de imagen capturados, y datos de imagen HDR. Alternativamente, debe apreciarse que un dispositivo de visualización externo se puede acoplar a la cámara digital 100 para la visualización y/o la salida de datos de imagen HDR. Aunque la figura 1 se ha descrito anteriormente con respecto a una cámara digital, debe apreciarse que el dispositivo puede referirse a otros dispositivos, tales como dispositivos de formación de imágenes en general.

20 Aunque el dispositivo de captura de imágenes de vídeo de la figura 1 se ha descrito como una cámara de vídeo digital, debe apreciarse también que este dispositivo puede referirse a, o estar incluido en, otros dispositivos, tales como un dispositivo de comunicación móvil y dispositivos de comunicación portátiles en general.

En referencia a continuación a la figura 2, se representa una realización no limitativa de un método para generar por lo menos una imagen HDR de una escena en una secuencia de vídeo generada por el dispositivo de captura de
25 imágenes de vídeo de la figura 1. Tal como se usa en la presente, "escena" puede referirse al área que desea capturar un usuario de este dispositivo y puede incluir uno o más objetos iluminados con diversos niveles de iluminación, en donde uno o más de estos objetos se pueden mover durante la captura de cuadros sucesivos por el dispositivo. Tal como se describirá de forma más detallada posteriormente, la determinación del rango de iluminación y de los movimientos de estos objetos puede proporcionar uno o más parámetros de exposición para
30 capturar los cuadros sucesivos.

En la siguiente descripción, la expresión "píxeles sobreexposados" se refiere a píxeles de un cuadro capturado para el cual los datos de color asociados a esos píxeles se corresponden con un valor superior a un umbral predeterminado de sobreexposición de datos de color t_{alto} . Cuando este umbral de sobreexposición es el máximo para los datos de color, se considera que el color está saturado. En general, este umbral máximo de
35 sobreexposición de datos de color es inferior a este límite máximo. Dicho umbral de sobre exposición se puede definir en cada canal de color R, G y B usado para representar un color, y, entonces, R, G y B se consideran como datos de color. En otro ejemplo, este umbral de sobreexposición de datos de color se define como un umbral de luminancia de sobreexposición, y la luminancia L se calcula como una suma ponderada de los valores de R, G y B. Todavía en otro ejemplo que es más sensible al rendimiento (por ejemplo, un teléfono móvil), se usaría el canal de
40 color verde como "sustituto" de la luminancia. De manera similar, la expresión "píxeles subexposados" se refiere a píxeles de un cuadro capturado para el cual los datos de color asociados a esos píxeles se corresponden con un valor inferior a un umbral predeterminado de subexposición de datos de color t_{bajo} . En general, este umbral de subexposición de datos de color es superior a cero, aunque puede ser igual a cero.

Para iniciar el método de acuerdo con esta realización no limitativa, usando el sensor de cuadros 110, se captura un
45 primer cuadro f_0 con la exposición E_0 , y se captura un segundo cuadro f_1 con la exposición E_1 . Las exposiciones E_0 y E_1 se fijan a valores diferentes usando cualquier algoritmo conocido de auto-exposición adaptado para generar una primera imagen HDR de la escena a partir de la fusión de estos dos cuadros de inicio. Puesto que la sobreexposición es visualmente peor que la subexposición, la dirección en la que va a cambiar preferentemente el tiempo de exposición para el segundo cuadro $dir_{i+1=1}$ se fija de manera preferente a "abajo" (es decir, $E_1 < E_0$),
50 aunque se podría fijar a "arriba" (es decir, $E_1 > E_0$) también. Esta dirección determina si el cuadro $f_{i+1=1}$ se captura con una exposición mayor ("arriba") o menor ("abajo") que el cuadro actual. Se calcula la dirección $dir_{i+2=2}$ en la cual va a cambiar preferentemente el tiempo de exposición para el tercer cuadro $f_{i+2=2}$, basándose en las características del primer y el segundo cuadros f_0 y f_1 , usando especialmente los árboles de decisión mostrados en las figuras 3 y 4. El primer y el segundo cuadros capturados f_0 , f_1 con sus datos de color y los valores de sus exposiciones E_1 , E_2 y
55 de la dirección preferida de cambio de exposición dir_{i+2} para el tercer cuadro f_2 se transfieren, a continuación, para almacenarse en la memoria 130 y para su procesamiento, según se describe posteriormente, al procesador 120.

Para la primera iteración del procesamiento de los dos cuadros a continuación, en los cuales $i=1$, el segundo cuadro $f_{i=1}$ se denomina "cuadro actual", el primer cuadro $f_{i-1=0}$ "cuadro previo", el tercer cuadro $f_{i+1=2}$ "cuadro subsiguiente", y un cuarto cuadro $f_{i+2=3}$ que sucede al cuadro "subsiguiente" se denomina "siguiente cuadro". Las etapas 1 a 6 se
60 implementan por medio del procesador 120. A continuación, la etapa 6 se implementa por medio del sensor 110

para capturar el “cuadro subsiguiente” f_{i+1} con la exposición E_{i+1} calculada a partir de las etapas 1 a 6.

5 Después de esta primera iteración, se lanza una segunda iteración con $i = 2$. El cuadro $f_{i=2}$ se convierte en el “cuadro actual”, $f_{i-1=1}$ el “cuadro previo”, $f_{i+1=3}$ el “cuadro subsiguiente” y $f_{i+2=4}$ el “siguiente cuadro”, para otra iteración de las etapas 1 a 6, lo cual permite la captura de otro “cuadro subsiguiente” con una exposición calculada nuevamente a partir de las etapas 1 a 6. Y así sucesivamente con valores crecientes de i hasta el final de la captura de una secuencia de cuadros a partir de la cual pueden generarse, entonces, imágenes HDR de la escena según se describe posteriormente.

A continuación, se describirán las diferentes etapas de cada una de estas iteraciones. El orden de presentación no representa necesariamente el orden de ejecución de estas etapas.

10 **Etapas 1** – cálculo del histograma de Brillo para el cuadro actual f_i , sin tener en cuenta el movimiento:

El histograma de brillo H_{completo_i} se calcula según una manera conocida por sí, a partir de los valores de brillo de los colores de todos los píxeles del cuadro actual f_i , es decir, del último cuadro que se ha capturado. Este cálculo no tiene en cuenta el movimiento de píxeles.

15 **Etapas 2** – cálculo del Campo de Movimiento M_i para el cuadro actual f_i y, de acuerdo con una primera variante, determinación de la Región de Movimiento MR_i del cuadro actual f_i .

20 A partir de un campo de movimiento calculado según una manera conocida de por sí, por una comparación de movimiento entre el cuadro actual f_i y el cuadro previo f_{i-1} , se proporciona un mapa de amplitud de movimiento M_i que tiene el mismo tamaño que el cuadro actual f_i , donde cada píxel de este mapa M_i tiene un valor de amplitud de movimiento. La amplitud de movimiento de un píxel indica la distancia que recorre este píxel desde el cuadro previo f_{i-1} al cuadro actual f_i . Los valores de amplitud de movimiento preferentemente se normalizan entre 0 (sin movimiento) y 1 (movimiento máximo para cuadro actual). Este campo de movimiento se calcula, por ejemplo, usando el método de estimación de movimiento que se da a conocer en el artículo titulado “a real-time multi-dsp motion estimator for mpeg-4 h. 264 avc high definition video encoding”, de Fabrice Urban et al., publicado en 2009 en el *Journal of Real-Time Image Processing*, 4(1), páginas 23 a 31.

25 En una primera variante, que tiene fijado un umbral de amplitud de movimiento superior a cero, todos los píxeles de este mapa de amplitud de movimiento M_i que tienen un valor de amplitud de movimiento superior a este umbral forman una región de movimiento MR_i en el cuadro actual f_i . En la siguiente etapa 3 se presenta una segunda variante sin umbral de amplitud de movimiento.

Etapas 3 – Cálculo del Histograma de Brillo teniendo en cuenta el movimiento para el cuadro actual f_i :

30 Usando, de manera preferente, aunque no necesaria, el mismo método que para la etapa 1 anterior, se calcula un histograma de brillo de los colores de píxeles pertenecientes a la región de movimiento MR_i determinada en la etapa 1, al que se hace referencia como $H_{\text{movimiento}_i}$. Esto significa que, para este histograma de brillo $H_{\text{movimiento}_i}$, solamente se tienen en cuenta píxeles pertenecientes a la región de movimiento MR_i .

35 En la segunda variante en la que, en la etapa 1, no se define ningún umbral de amplitud de movimiento, valores de brillo de cada píxel del cuadro actual f_i se ponderan según la amplitud de movimiento de este píxel obtenida a partir del mapa de amplitud de movimiento M_i determinado en la anterior etapa 1. Después de dicha ponderación de los valores de brillo, se ejecuta un cálculo de un histograma con brillo ponderado, al que se hace referencia también como $H_{\text{movimiento}_i}$, para esta segunda variante.

40 En las dos variantes anteriores, la distribución de brillo $H_{\text{movimiento}_i}$ que se obtiene con este cálculo, se basa en datos de color que se ponderan por el movimiento de los píxeles correspondientes, en donde este movimiento se evalúa en comparación con el cuadro previo f_{i-1} . En la primera variante, a los píxeles pertenecientes a la región de movimiento se les asigna un valor de peso de 1 puesto que a los otros píxeles se les asigna un valor de peso de 0.

En esta fase, se dispone de dos histogramas de brillo:

- H_{completo_i} para todos los píxeles de la imagen.

45 - $H_{\text{movimiento}_i}$ que considera solamente píxeles que tienen un peso de movimiento no nulo los cuales, a continuación, se consideran como parte de una región de movimiento MR_i .

Esto significa que píxeles que se cuentan en $H_{\text{movimiento}_i}$, se cuentan también en H_{completo_i} .

50 En otra variante de esta realización, se puede evitar este doble recuento de píxeles calculando un histograma aparte de todos los píxeles de la imagen que no forman parte de la región de movimiento MR_i . A este histograma se le hará referencia como H_{global_i} .

Se supone que el histograma H_{completo_i} consta de N_{completo} compartimentos, el histograma $H_{\text{movimiento}_i}$ consta de

$N_{movimiento}$ compartimentos y el histograma H_{global_i} consta de N_{global} compartimentos.

A partir de cada uno de los tres histogramas anteriores $H_{completo_i}$, $H_{movimiento_i}$ y H_{global_i} , se calculan también otros tres histogramas acumulados de la manera siguiente:

5

$$C_{completo_i}(m) = \sum_{k=0}^{m-1} H_{completo_i}(k)$$

$$C_{movimiento_i}(m) = \sum_{k=0}^{m-1} H_{movimiento_i}(k)$$

$$C_{global_i}(m) = \sum_{k=0}^{m-1} H_{global_i}(k)$$

A partir de cada uno de los tres histogramas anteriores $H_{completo_i}$, $H_{movimiento_i}$ y H_{global_i} , se calculan también tres histogramas acumulados inversos de la manera siguiente:

10

$$C_{completo_i}^{-1}(m) = \sum_{k=N_{completo_i}-1}^{N_{completo_i}-m-1} H_{completo_i}(k)$$

$$C_{movimiento_i}^{-1}(m) = \sum_{k=N_{movimiento_i}-1}^{N_{movimiento_i}-m-1} H_{movimiento_i}(k)$$

$$C_{global_i}^{-1}(m) = \sum_{k=N_{global_i}-1}^{N_{global_i}-m-1} H_{global_i}(k)$$

Estos histogramas acumulados se usarán en las posteriores subetapas 4.2 y 4.3.

Etapas 4 – estimación de la exposición E_{i+1} para el cuadro subsiguiente f_{i+1} :

15

Para estimar esta exposición E_{i+1} para el cuadro subsiguiente f_{i+1} , se necesitan especialmente el valor de la exposición para el cuadro actual f_i y el valor de la dirección preferida de cambio de exposición dir_{i+1} proporcionado por la iteración previa (o por la etapa de inicialización).

En términos globales, existen tres casos posibles:

20

25

- a. La exposición E_i del cuadro actual f_i ya ha capturado el rango completo de exposición de la escena, en cuyo caso, $E_{i+1} \leftarrow E_i$ y $dir_{i+2} = abajo$ (puesto que, efectivamente, se vuelve a las condiciones de inicialización). Para comprobar si la exposición actual E_i captura suficientemente el rango dinámico de la escena, se toman el primer y el último compartimentos de los $N_{completo}$ compartimentos del histograma completo de la imagen $H_{completo_i}$. Para un histograma con un número total de compartimentos $N_{completo}$, se comprueban los valores de los compartimentos $H_{completo_i}(0)$ y $H_{completo_i}(N_{completo} - 1)$ con respecto a un umbral de compartimento h . El valor de este umbral, que es en general común para todos los cuadros, es, típicamente, un pequeño porcentaje del número total de píxeles en el cuadro, por ejemplo un 1%, aunque también se podría seleccionar de manera que fuese cero. Se considera que el cuadro actual captura el rango dinámico de la escena si se cumple la siguiente condición:

$$H_{completo_i}(0) < h \text{ Y } H_{completo_i}(N_{completo} - 1) < h$$

30

- b. Se puede hallar un ajuste de exposición E_{i+1} que cumple dos condiciones:
 - f_{i+1} tiene el suficiente solapamiento con f_i
 - f_{i+1} está capturando suficientes píxeles útiles
- c. No se produce dicha exposición E_{i+1} , por ejemplo, debido a que la distribución de la irradiancia de la escena es bimodal y la exposición E_i se encuentra en el medio de los dos modos, en cuyo caso se selecciona el paso de exposición más grande que se pueda en la dirección dada de cambio de exposición mientras se

mantiene el suficiente solapamiento de exposición en una de las dos posibles direcciones de cambio de exposición.

Los bloques principales de los árboles de decisión mostrados en la figura 3 y en la figura 4 que conducen a la estimación de una exposición E_{i+1} para el cuadro subsiguiente f_{i+1} implican dos estimaciones previas, a saber, una estimación de una exposición inicial $E_{inic_{i+1}}$ para el cuadro subsiguiente f_{i+1} , y una estimación de una exposición ajustada $E_{aju_{i+1}}$ para el cuadro subsiguiente f_{i+1} . Estas estimaciones se describen en las subetapas posteriores.

Subetapa 4.1 – estimación de la Exposición Inicial $E_{inic_{i+1}}$ para el Cuadro subsiguiente f_{i+1} :

Se calcula un ajuste de exposición inicial $E_{inic_{i+1}}$ para el cuadro subsiguiente usando solo el $H_{completo}$; proporcionado en la etapa 1, y cambiando la exposición en la dirección dir_{i+1} , que se ha calculado a partir de una iteración previa (o etapa de inicialización) de acuerdo con el mismo proceso descrito en la etapa 5 posteriormente para el cálculo de dir_{i+2} .

Se calcula un valor de brillo de umbral bajo por defecto $Z_{bajo,i}$ correspondiente a un umbral de subexposición de datos de color t_{bajo} para el cuadro actual f_i , y se calcula un valor de brillo de umbral alto por defecto $Z_{alto,i}$ correspondiente a un umbral de sobreexposición de datos de color t_{alto} . Los umbrales t_{bajo} y t_{alto} definen, en escala relativa, qué rango de brillo es útil en un cuadro. Los valores de t_{bajo} y t_{alto} son en general comunes a todos los cuadros de una secuencia a capturar. Si el sensor de cuadros 110 se configura para capturar cuadros de 8 bits, se tiene, por ejemplo, $t_{bajo} = 0,2$ y $t_{alto} = 0,9$. Por lo tanto, para un cálculo de este tipo, si se tiene $t_{bajo} = 0,2$; entonces $Z_{bajo,i} = t_{bajo} \times 255 = 51$, y, si se tiene $t_{alto} = 0,9$; entonces $Z_{alto,i} = t_{alto} \times 255 = 230$.

Tal como se muestra posteriormente, para calcular $E_{inic_{i+1}}$, se consideran el umbral de subexposición de datos de color t_{bajo} si $dir_{i+1} = arriba$, y el umbral de sobreexposición de datos de color t_{alto} si $dir_{i+1} = abajo$.

Conociendo la función de respuesta de la cámara CRF del sensor de cuadros 110 (consúltese más arriba) y el tiempo de exposición E_i del cuadro actual f_i , a continuación se calculan valores de irradiancia de la escena de este cuadro correspondiente a valores de brillo de umbral por defecto $Z_{bajo,i}$ o $Z_{alto,i}$ de este cuadro, de la manera siguiente:

$$I(Z_{bajo,i}) = \frac{CRF^{-1}(Z_{bajo,i})}{E_i} \quad (3)$$

$$I(Z_{alto,i}) = \frac{CRF^{-1}(Z_{alto,i})}{E_i} \quad (3')$$

donde CRF^{-1} es el inverso de la función de respuesta de la cámara CRF.

La Figura 5 ilustra la distribución de valores de brillo Z (es decir, 0 a 255 en una codificación de 8 bits) en el cuadro actual f_i . Esta distribución se corresponde con solamente $H_{completo,i}$. El eje Y se corresponde con recuentos de píxeles y el eje X se corresponde con datos de color Z de valores de píxeles. $I(Z)$ representa un valor de irradiancia de la escena capturado como Z.

Para calcular $E_{inic_{i+1}}$ cuando $dir_{i+1} = arriba$, la siguiente ecuación ilustrada en la figura 5 debe cumplir preferentemente:

$$I(Z_{bajo,i}) = I(Z_{alto,i+1}) \quad (4)$$

Dadas las ecuaciones (3) y (4), se deduce que

$$I(Z_{alto,i+1}) = \frac{CRF^{-1}(Z_{bajo,i})}{E_i} \quad (5)$$

Considerando nuevamente la función de respuesta de la cámara CRF, la ecuación (5) se puede reformular basándose en los valores correspondientes al cuadro subsiguiente f_{i+1} :

$$I(Z_{alto,i+1}) = \frac{CRF^{-1}(Z_{alto,i+1})}{E_{inic_{i+1}}} \quad (6)$$

La combinación de (5) y (6) proporciona

$$\frac{CRF^{-1}(Z_{bajo,i})}{E_i} = \frac{CRF^{-1}(Z_{alto,i+1})}{E_{inic_{i+1}}} \quad (7)$$

La única incógnita en la ecuación (7) es $E_{inic_{i+1}}$ de manera que la misma puede resolverse, obteniendo el ajuste de exposición inicial para el cuadro subsiguiente f_{i+1} según:

$$E_{inic_{i+1}} = \frac{CRF^{-1}(Z_{alto,i+1})}{CRF^{-1}(Z_{bajo,i})} E_i \quad (8)$$

5 En términos sencillos, se puede calcular una estimación para la exposición $E_{inic_{i+1}}$ del cuadro subsiguiente f_{i+1} , de manera que, para valores de color específicos en los cuadros actual y subsiguiente f_i, f_{i+1} , se puede disponer de la misma irradiancia captura de la escena. Esta elección de $E_{inic_{i+1}}$ garantiza que se produce un solapamiento suficiente de la exposición entre el rango de exposición en el cuadro actual f_i y el cuadro subsiguiente f_{i+1} , y que el cuadro subsiguiente captura un número suficiente de píxeles que estaban o bien subexpuestos o bien sobreexpuestos en el cuadro actual (es decir, caso 4b, más arriba).

10 De manera similar, todavía en referencia a la distribución de valores de brillo que se muestra en la figura 5, para calcular $E_{inic_{i+1}}$ cuando $dir_{i+1} = \text{abajo}$, se estima la Exposición Inicial $E_{inic_{i+1}}$ para el Cuadro subsiguiente f_{i+1} de acuerdo con la siguiente ecuación 8':

$$E_{inic_{i+1}} = \frac{CRF^{-1}(Z_{bajo,i+1})}{CRF^{-1}(Z_{alto,i})} E_i \quad (8')$$

15 La invención no se limita al cálculo de $E_{inic_{i+1}}$ según se ha descrito anteriormente. Pueden usarse otros métodos conocidos de construcción de imágenes HDR sin tener en cuenta el movimiento, especialmente métodos que usan no solamente los umbrales Z_{bajo} y Z_{alto} posicionados en el histograma de brillo solo de $H_{completo}$, según se ha descrito anteriormente, sino también métodos que utilizan la forma de este histograma. Véase, por ejemplo, el documento US7382931.

Subetapa 4.2 – estimación de la Exposición Ajustada $E_{aju_{i+1}}$ para el cuadro subsiguiente f_{i+1} :

20 Para una estimación de este tipo, se considerará preferentemente cuántos píxeles del cuadro actual f_i tienen colores que están sobreexpuestos o subexpuestos en situaciones diferentes y se ajustará, en consecuencia, la exposición para el cuadro subsiguiente f_{i+1} .

25 Para determinar el número de píxeles sobreexpuestos/subexpuestos que es aceptable para el cuadro subsiguiente f_{i+1} , se consideran preferentemente cuántos píxeles están afectados por el movimiento local o global en el cuadro actual f_i y, también, si se está midiendo la sobreexposición o la subexposición en el cuadro actual f_i . Cada uno de estos casos conduce a valores diferentes para un umbral de porcentaje de píxeles sobreexpuestos/subexpuestos $umb_{movimiento}$ dentro de la región de movimiento MR_i , y para un umbral de porcentaje de píxeles sobreexpuestos/subexpuestos $umb_{completo}$ en el cuadro completo f_i (o un umbral de porcentaje de píxeles sobreexpuestos/subexpuestos umb_{global} para píxeles que no están en la región de movimiento MR_i). Estos dos umbrales $umb_{movimiento}$ y $umb_{completo}$ (o umb_{global}) se usarán a continuación para determinar cuánto debe solaparse preferentemente, en cuanto a brillo, el cuadro subsiguiente f_{i+1} con el cuadro actual f_i .

A continuación, se detallará la estimación de píxeles $umb_{movimiento}$ para cuadro actual f_i .

A partir del mapa de amplitud de movimiento M_i proporcionado en la etapa 2 anterior, para cada posición de píxel x se fija un índice de movimiento local LM_i de la manera siguiente:

$$35 \quad LM_i(x) = \begin{cases} 0, & \text{si no hay movimiento local en } x \text{ en } f_i \\ \text{amplitud de movimiento,} & \text{si hay movimiento local en } x \text{ en } f_i \end{cases} \quad (1)$$

A continuación, se obtiene un mapa de movimiento local para el cuadro actual f_i .

Adicionalmente, se calcula el porcentaje de píxeles que tienen movimiento local en el cuadro actual f_i de la manera siguiente:

$$A_i = \frac{\text{núm. de píxeles en } MR_i > 0}{\text{núm. de píxeles en } f_i} \quad (2)$$

40 Un valor de un porcentaje mínimo de píxeles que tienen movimiento local A_{min} y un valor de un porcentaje mínimo de píxeles que tienen movimiento local A_{max} se fijan experimentalmente a, por ejemplo, $A_{min} = 0,1\%$ y $A_{max} = 1\%$. Dichos valores son en general comunes para todos los cuadros de una secuencia. Para determinar cómo el área de movimiento MR_i se relaciona con A_{min} y A_{max} , simplemente se cuentan píxeles con movimiento de la manera siguiente.

45 En referencia a la posterior tabla 1, si el porcentaje de píxeles con movimiento local A_i está por debajo de A_{min} , entonces:

- para sobreexposición cuando $dir_{i+1} = arriba$, se fija $umb_{movimiento} = umb_{sobre,min}$ y,

- para subexposición cuando $dir_{i+1} = abajo$, se fija $umb_{movimiento} = umb_{sub,min}$. En la primera fila de la tabla 1 se proponen valores para $umb_{sobre,min}$ y $umb_{sub,min}$.

Si el porcentaje de píxeles con movimiento local A_i está por encima de A_{max} , entonces:

5 - para sobreexposición cuando $dir_{i+1} = arriba$, se fija $umb_{movimiento} = umb_{sobre,max}$ y,

- para subexposición cuando $dir_{i+1} = abajo$, se fija $umb_{movimiento} = umb_{sub,max}$. En la última fila de la tabla 1 se proponen valores para $umb_{sobre,max}$ y $umb_{sub,max}$.

En la tercera situación posible en la que $A_{min} < A_i < A_{max}$, se interpola (véase fila central de la tabla 1) el valor de umbral del porcentaje de píxeles sobreexpuestos/subexpuestos $umb_{movimiento}$ tal como se muestra de la manera siguiente:

10

$$dA = \frac{A - A_{min}}{A_{max} - A_{min}} \quad (8)$$

Si $dir_{i+1} = arriba$

$$umb_{movimiento} = (umb_{sub,max} - umb_{sub,min})dA + umb_{sub,min} \quad (9)$$

Si $dir_{i+1} = abajo$

15 $umb_{movimiento} = (umb_{sobre,max} - umb_{sobre,min})dA + umb_{sobre,min} \quad (10)$

Tabla 1

Porcentaje de píxeles de imagen con movimiento local		Caso de movimiento – umbrales de sobreexposición/subexposición	
$A_{min} > A_i$	$A_{min} = 0,1\%$	$umb_{sub,min} = 100\%$	$umb_{sobre,min} = 90\%$
$A_{min} < A_i < A_{max}$		<i>interpolación basada en la Ec. 8-10</i>	
$A_{min} < A_i$	$A_{max} = 1\%$	$umb_{sub,max} = 85\%$	$umb_{sobre,max} = 5\%$

A continuación, se detallará la estimación de píxeles $umb_{completo}$ (o umb_{global} de acuerdo con la segunda realización) para el cuadro actual f_i .

20 El umbral $umb_{completo}$ (o umb_{global}) se fija al umbral umb_{sub} ofrecido en la Tabla 2 si la dirección $dir_{i+1} = arriba$, o al umbral umb_{sobre} ofrecido en la Tabla 2 si la dirección $dir_{i+1} = abajo$.

Tabla 2

Caso completo – umbrales de sobreexposición/subexposición	
umb_{sub}	umb_{sobre}
92%	20%

Este proceso se repite para los dos histogramas acumulados.

25 El valor del umbral $umb_{movimiento}$ para el porcentaje de píxeles sobreexpuestos/subexpuestos dentro de la región de movimiento MR_i es variable de un cuadro a otro, especialmente en la medida en la que se puede calcular de acuerdo con la Ec. 10, y, por lo tanto, se evalúa específicamente para cada cuadro. Este valor cambiará en función de cuánto movimiento hay en el cuadro.

30 Después de que se obtengan, tal como se ha explicado anteriormente, los valores de los umbrales de porcentaje de píxeles sobreexpuestos/subexpuestos $umb_{movimiento}$ para la región de movimiento MR_i del cuadro actual f_i , y $umb_{completo}$ para todos los píxeles del cuadro actual f_i , (o umb_{global} para píxeles no pertenecientes a la región de movimiento), se seleccionan dos histogramas acumulados entre los anteriores descritos para cálculos posteriores. Si se prefiere un incremento del tiempo de exposición para el cuadro subsiguiente (es decir, $dir_{i+1} = arriba$), entonces se seleccionan preferentemente $C_{completo}_i$ y $C_{movimiento}_i$. En una realización alternativa, se podrían seleccionar C_{global}_i y $C_{movimiento}_i$, para evitar un doble recuento de píxeles (tal como se ha expuesto en líneas generales anteriormente).

35

Si se prefiere una disminución del tiempo de exposición, es decir, $dir_{i+1} = abajo$, entonces se seleccionan preferentemente $C_{completo}_i$ y $C_{movimiento}_i$. En una realización alternativa, se podrían seleccionar C_{global}_i y $C_{movimiento}_i$, para evitar un doble recuento de píxeles (tal como se ha expuesto en líneas generales anteriormente).

Este proceso selecciona preferentemente dos histogramas acumulados, uno para la región de movimiento, y otro o bien para la imagen completa, o bien para la imagen completa menos la región de movimiento MR_i. También se han determinado anteriormente los valores para dos umbrales correspondientes: $umb_{movimiento}$ calculado de acuerdo con las ecuaciones 9 y 10 anteriormente está implicado en el siguiente cálculo en $C_{movimiento_i}$ (respectivamente $C_{movimiento_i}^*$), y el $umb_{completo}$ fijado de acuerdo con la tabla 2 en función de dir_{i+1} está implicado en el siguiente cálculo o bien en $C_{completo_i}$ (respectivamente $C_{completo_i}^*$) o bien C_{global_i} (respectivamente $C_{global_i}^*$), en función de la realización elegida.

La Figura 6 ilustra, en el cuadro actual f_i , la misma distribución de valores de brillo/intensidad Z (es decir, de 0 a 255 en una codificación de 8 bits) que la figura 5. En una curva con línea de puntos, la figura 6 ilustra también distribuciones acumuladas inversas seleccionadas. $I(Z)$ representa un valor de irradiancia de la escena capturado como Z. En referencia a esta figura 6, se determina el valor de un brillo de umbral ajustado $Z_{umb,completo,i}$ correspondiente al anterior umbral $umb_{completo}$ de la manera siguiente: en el histograma acumulado $C_{completo_i}$ (respectivamente, $C_{completo_i}^*$) con línea de puntos, se encuentra el punto en el que el eje y (es decir, el recuento de píxeles) es igual a $umb_{completo}$, y la proyección de este punto en el eje x proporciona el valor de $Z_{umb,completo,i}$.

Cuando este proceso se aplica al histograma acumulado $C_{completo_i}$ (respectivamente, $C_{completo_i}^*$) (o C_{global_i} (respectivamente, $C_{global_i}^*$)), se obtiene el valor de $Z_{umb,completo,i}$. Este proceso se repite para el histograma acumulado $C_{movimiento_i}$ (respectivamente, $C_{movimiento_i}^*$) para obtener $Z_{umb,movimiento,i}$.

A continuación, un valor de brillo de umbral, ajustado, final, $Z_{umb,i}$ se fija a $Z_{umb,movimiento,i}$ si y solo si:

$$C_{movimiento,i}(Z_{umb,movimiento,i}) \leq umb_{movimiento}$$

$$C_{completo,i}(Z_{umb,movimiento,i}) < umb_{completo}$$

Alternativamente, el valor de brillo de umbral, ajustado, final $Z_{umb,i}$ se fija a $Z_{umb,completo,i}$ si y solo si:

$$C_{movimiento,i}(Z_{umb,completo,i}) \leq umb_{movimiento}$$

$$C_{completo,i}(Z_{umb,completo,i}) \leq umb_{completo}$$

Una vez que se dispone de este valor de brillo de umbral, ajustado, $Z_{umb,i}$, se estima la exposición ajustada $Eaju_{i+1}$ para el cuadro subsiguiente f_{i+1} de la misma manera que se ha estimado anteriormente $Einic_{i+1}$ en las Ecuaciones 3 a 7, en las cuales se sustituye $Z_{bajo,i}$ por $Z_{umb,i}$ y $Einic_{i+1}$ por $Eaju_{i+1}$.

Subetapa 4.3 – estimación final de la exposición E_{i+1} para el cuadro subsiguiente f_{i+1} :

Si $dir_{i+1} = arriba$, se sigue el árbol de decisión mostrado en la figura 3 para obtener una estimación final de la exposición E_{i+1} para el cuadro subsiguiente f_{i+1} . Si $dir_{i+1} = abajo$, se sigue el árbol de decisión mostrado en la figura 4, para obtener una estimación final de la exposición E_{i+1} para el cuadro subsiguiente f_{i+1} . De acuerdo con estos árboles de decisión, la conclusión es o bien $E_{i+1} = Einic_{i+1}$, o bien $E_{i+1} = Eaju_{i+1}$. Obsérvese que estos árboles de decisión tienen en cuenta la exposición E_i del cuadro actual f_i .

Etapa 5 – determinación de la Dirección Preferida de Cambio de exposición para el siguiente cuadro f_{i+2} :

Esta dirección dir_{i+2} determina si el "siguiente" cuadro f_{i+2} se debe capturar con un tiempo de exposición mayor ("arriba") o menor ("abajo") que la exposición E_{i+1} correspondiente al cuadro "subsiguiente" f_{i+1} . La dirección dir_{i+2} en la que se debe cambiar preferentemente (arriba o abajo) la exposición para el siguiente cuadro f_{i+2} en la iteración subsiguiente se determina de acuerdo con los mismos árboles de decisión que los correspondientes utilizados para la subetapa 4.3. Véanse nuevamente las figuras 3 y 4.

Etapa 6 – captura del cuadro subsiguiente f_{i+1} :

El sensor 110 recibe datos relacionados con la exposición E_{i+1} según el ajuste del procesador 120 en la anterior etapa 4. A continuación, el sensor captura el cuadro subsiguiente f_{i+1} con esta exposición E_{i+1} . A continuación, los datos de imagen relacionados con este cuadro capturado f_{i+1} se transfieren a la memoria 130 para ser almacenados.

Iteraciones sucesivas de las etapas 1 a 6

Después de la primera iteración de las anteriores etapas 1 a 6, se realizan de forma similar otras iteraciones sucesivas de las etapas 1 a 6, hasta el final de las capturas.

5 De una iteración a otra, cuadros sucesivos $f_0, f_1, f_2, \dots, f_{i-1}, f_i, f_{i+1}, \dots, f_{Q-1}$ que constituyen una imagen de la misma escena con exposiciones respectivas $E_0, E_1, E_2, \dots, E_{i-1}, E_i, E_{i+1}, \dots, E_{Q-1}$ se almacenan en la memoria 130, donde Q es el número total de cuadros de una secuencia.

Postprocesado: generación de una secuencia de imágenes HDR de la escena

10 Después de la captura de Q cuadros según se ha descrito anteriormente, el procesador 120 aplica una etapa de postprocesado, por ejemplo para agrupar dichos cuadros en series de cuadros sucesivos que tienen exposiciones diferentes, y para fusionar, según una manera conocida de por sí, los cuadros de cada serie en una imagen HDR de la escena. Preferentemente, cada serie comprende dos cuadros sucesivos, y cada cuadro pertenece a dos series, de tal manera que el segundo cuadro de una primera serie es el primer cuadro de una segunda serie que sucede a la primera serie.

15 La generación de cada imagen HDR a partir de la fusión de los cuadros de una serie se realiza preferentemente usando el método descrito en el artículo titulado "Patch-based high dynamic range video" de Nima Khademi Kalantari et al., publicado en 2013 en *ACM Trans. Graph.*, 32(6), página 202.

Se obtiene entonces una secuencia de vídeo de imágenes HDR de la escena.

En una variante, la generación de imágenes HDR a partir de cuadros sucesivos según se ha descrito anteriormente se puede realizar en cuanto haya disponibles en la memoria 130 datos de imagen referentes a estos cuadros.

20 **Ventaja de la invención**

El método según la invención presenta las siguientes ventajas:

- se minimizan artefactos de movimiento en secuencias de vídeo HDR generadas mientras que se maximiza el rango dinámico de estas secuencias;
- 25 - prácticamente cada cuadro capturado en la parte en línea del método, es decir, en las iteraciones de las etapas 1 a 6 anteriores, deriva en un cuadro HDR después del postprocesado, lo cual elimina la necesidad de cámaras con una alta frecuencia de cuadro, como en otros métodos de generación de secuencias de vídeo HDR;
- captura del mínimo número necesario de exposiciones para una imagen HDR dada, de manera que, si una escena no necesita muchas exposiciones, las mismas no se capturarán;
- el método está particularmente diseñado para dispositivos móviles con sus capacidades de procesamiento limitadas.

30 Debe entenderse que la invención se puede implementar en diversas formas de hardware, software, microprogramas, procesadores de propósito especial, o combinaciones de los mismos. La invención se puede implementar especialmente en forma de una combinación de hardware y software. Por otra parte, el software se puede implementar como un programa de aplicación materializado de forma física en una unidad de almacenamiento de programas. El programa de aplicación se puede cargar en, y ser ejecutado por, una máquina
 35 que comprenda cualquier arquitectura adecuada. Preferentemente, la máquina se implementa en una plataforma informática con hardware, tal como una o más unidades de procesamiento central ("CPU"), una memoria de acceso aleatorio ("RAM"), e interfaces de entrada/salida ("I/O"). La plataforma informática también puede incluir un sistema operativo y código de microinstrucciones. Los diversos procesos y funciones descritos en la presente pueden ser parte o bien del código de microinstrucciones o bien del programa de aplicación, o cualquier combinación de los
 40 mismos, que pueda ser ejecutada por una CPU. Adicionalmente, a la plataforma informática se le pueden conectar otras diversas unidades periféricas, tales como una unidad de almacenamiento de datos adicional y una unidad de impresión.

Aunque la presente invención se ha descrito con respecto a ejemplos particulares y realizaciones preferidas, se entiende que la presente invención no se limita a estos ejemplos y realizaciones. Por tanto, la presente invención,
 45 según se reivindica, incluye variaciones con respecto a los ejemplos particulares y realizaciones preferidas descritas en la presente, tal como se pondrá de manifiesto para alguien versado en la materia. Aunque algunas de las realizaciones específicas se pueden describir y reivindicar por separado, se entiende que las diversas características de realizaciones descritas y reivindicadas en la presente se pueden usar combinadas. Los números de referencia que aparecen en las reivindicaciones tienen fines únicamente ilustrativos, y no tendrán ningún efecto limitativo sobre
 50 el alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Método para generar una imagen HDR de una escena, en el que un cuadro actual (f_i) que constituye una imagen de dicha escena se ha capturado con una exposición actual (E_i) y un cuadro previo (f_{i-1}) que constituye una imagen de dicha escena se ha capturado antes de dicho cuadro actual (f_i), comprendiendo dicho método:
- 5 - fijar una exposición (E_{i+1}) para un cuadro subsiguiente (f_{i+1}) en función de dicha exposición actual (E_i), de una primera distribución de brillo (H_{completo_i}) de colores de píxeles de dicho cuadro actual (f_i) y de una segunda distribución de brillo ($H_{\text{movimiento}_i}$) de colores de estos píxeles ponderada por el movimiento de estos píxeles, en donde dicho movimiento se evalúa para estos píxeles en comparación con dicho cuadro previo (f_i),
- 10 - capturar dicho cuadro subsiguiente (f_{i+1}) con dicha exposición fijada (E_{i+1}),
- fusionar dicho cuadro subsiguiente (f_{i+1}) con al menos dicho cuadro actual (f_i) en una imagen HDR.
2. Método para generar una imagen HDR según la reivindicación 1, en el que dicha exposición (E_{i+1}) para el cuadro subsiguiente (f_{i+1}) se fija en función también de una dirección preferida (dir_{i+1}) de cambio de exposición para dicho cuadro actual (f_{i+1}).
- 15 3. Método para generar una imagen HDR según la reivindicación 2, que comprende la determinación de una dirección preferida (dir_{i+2}) de cambio de exposición para un cuadro (f_{i+2}) que sigue al cuadro subsiguiente (f_{i+1}).
4. Método para generar una imagen HDR según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicha fijación de una exposición (E_{i+1}) para el cuadro subsiguiente (f_{i+1}) comprende una estimación de una exposición inicial ($E_{\text{inic}_{i+1}}$) sobre la base de dicha primera distribución de brillo (H_{completo_i}), aunque no sobre la base de dicha segunda distribución de brillo ($H_{\text{movimiento}_i}$), una estimación de una exposición ajustada ($E_{\text{aju}_{i+1}}$) sobre la base de dicha segunda distribución de brillo ($H_{\text{movimiento}_i}$), y una estimación final de dicha exposición (E_{i+1}) para el cuadro subsiguiente (f_{i+1}) adaptada para escoger entre dicha exposición inicial ($E_{\text{inic}_{i+1}}$) y dicha exposición ajustada ($E_{\text{aju}_{i+1}}$) como valor para dicha exposición (E_{i+1}) para el cuadro subsiguiente (f_{i+1}).
- 20
5. Dispositivo de captura de imágenes HDR que comprende un sensor (110) de cuadros configurado para capturar cuadros sucesivos que constituyen imágenes de una escena, especialmente para capturar un cuadro actual (f_i) con una exposición actual (E_i) y un cuadro previo (f_{i-1}), y un procesador configurado para:
- 25 - fijar una exposición (E_{i+1}) para un cuadro subsiguiente (f_{i+1}) en función de dicha exposición actual (E_i), de una primera distribución de brillo (H_{completo_i}) de colores de píxeles de dicho cuadro actual (f_i) y de una segunda distribución de brillo ($H_{\text{movimiento}_i}$) de colores de esos píxeles ponderada por el movimiento de estos píxeles, en donde dicho movimiento se evalúa para estos píxeles en comparación con dicho cuadro previo (f_{i-1}),
- 30 - activar la captura de dicho cuadro subsiguiente (f_{i+1}) con dicha exposición fijada (E_{i+1}) por parte de dicho sensor (110) de cuadros,
- fusionar dicho cuadro subsiguiente (f_{i+1}) con al menos dicho cuadro actual (f_i) en una imagen HDR.
- 35 6. Dispositivo de captura de imágenes HDR según la reivindicación 5, en el que dicho procesador está configurado también para fijar dicha exposición (E_{i+1}) para el cuadro subsiguiente (f_{i+1}) en función también de una dirección preferida (dir_{i+1}) de cambio de exposición para dicho cuadro actual (f_{i+1}).
7. Dispositivo de captura de imágenes HDR según la reivindicación 6, en el que dicho procesador está configurado también para determinar una dirección preferida (dir_{i+2}) de cambio de exposición para un cuadro (f_{i+2}) que sigue al cuadro subsiguiente (f_{i+1}).
- 40
8. Dispositivo de captura de imágenes HDR según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en el que dicho procesador está configurado también de tal manera que dicha fijación de una exposición (E_{i+1}) para el cuadro subsiguiente (f_{i+1}) comprende una estimación de una exposición inicial ($E_{\text{inic}_{i+1}}$) sobre la base de dicha primera distribución de brillo (H_{completo_i}), aunque no sobre la base de dicha segunda distribución de brillo ($H_{\text{movimiento}_i}$), una estimación de una exposición ajustada ($E_{\text{aju}_{i+1}}$) sobre la base de dicha segunda distribución de brillo ($H_{\text{movimiento}_i}$), y una estimación final de dicha exposición (E_{i+1}) para el cuadro subsiguiente (f_{i+1}) adaptada para escoger entre dicha exposición inicial ($E_{\text{inic}_{i+1}}$) y dicha exposición ajustada ($E_{\text{aju}_{i+1}}$) como valor para dicha exposición (E_{i+1}) para el cuadro subsiguiente (f_{i+1}).
- 45

50

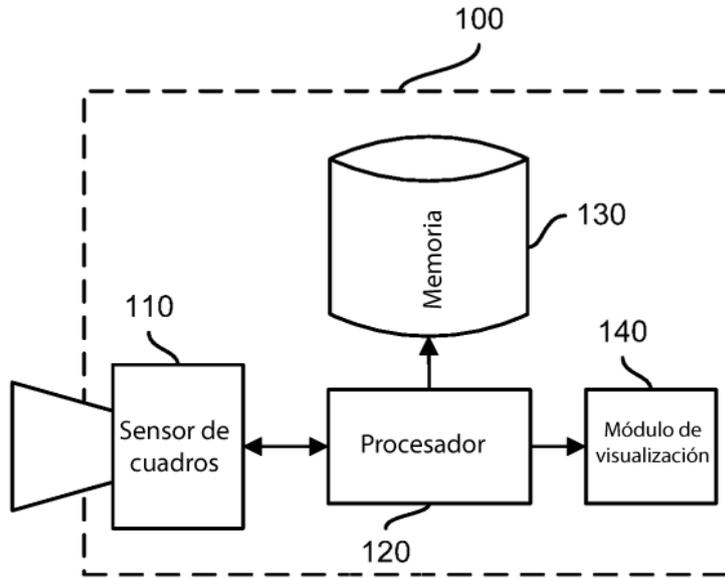


Fig.1

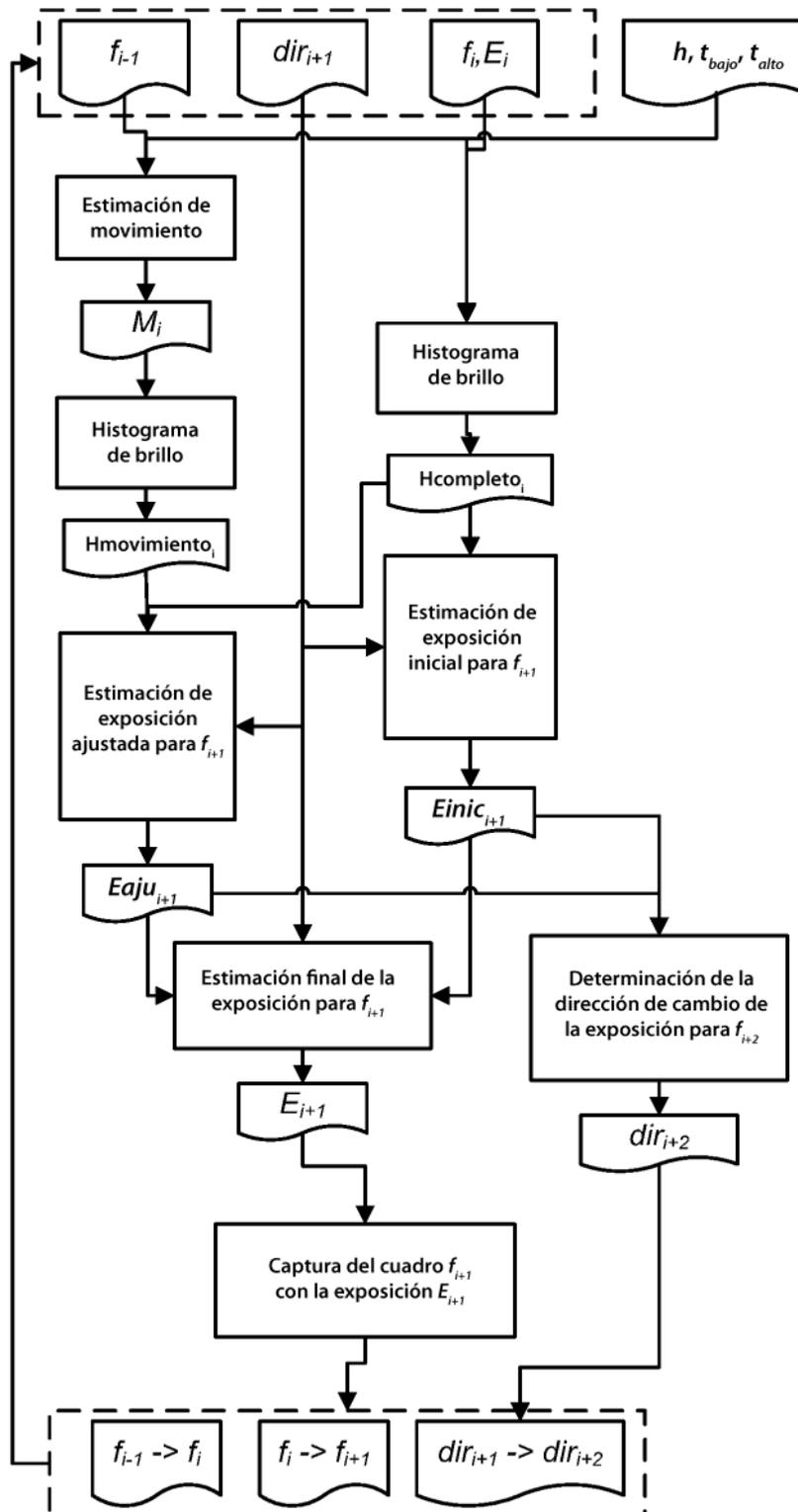


Fig.2

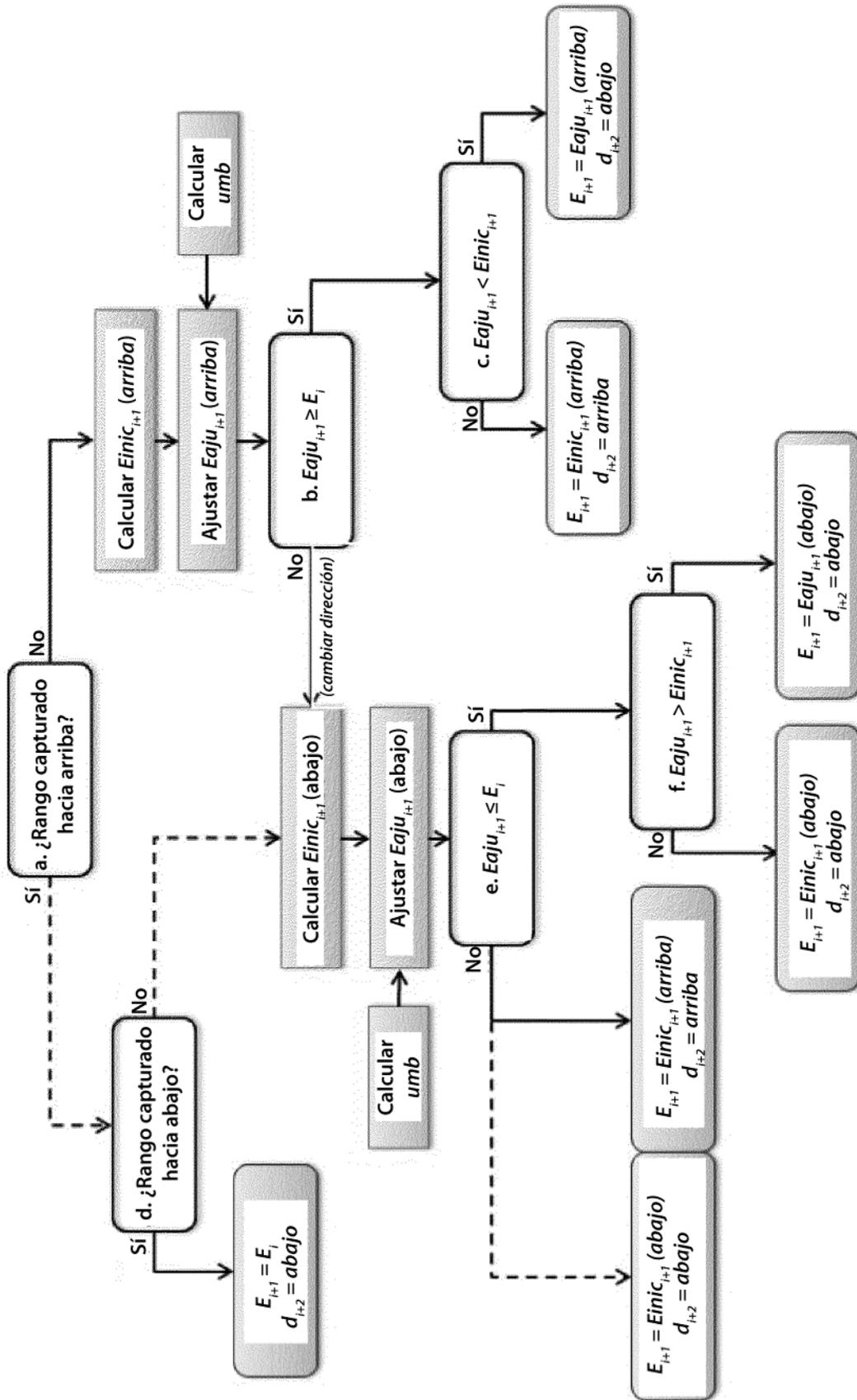


Fig.3

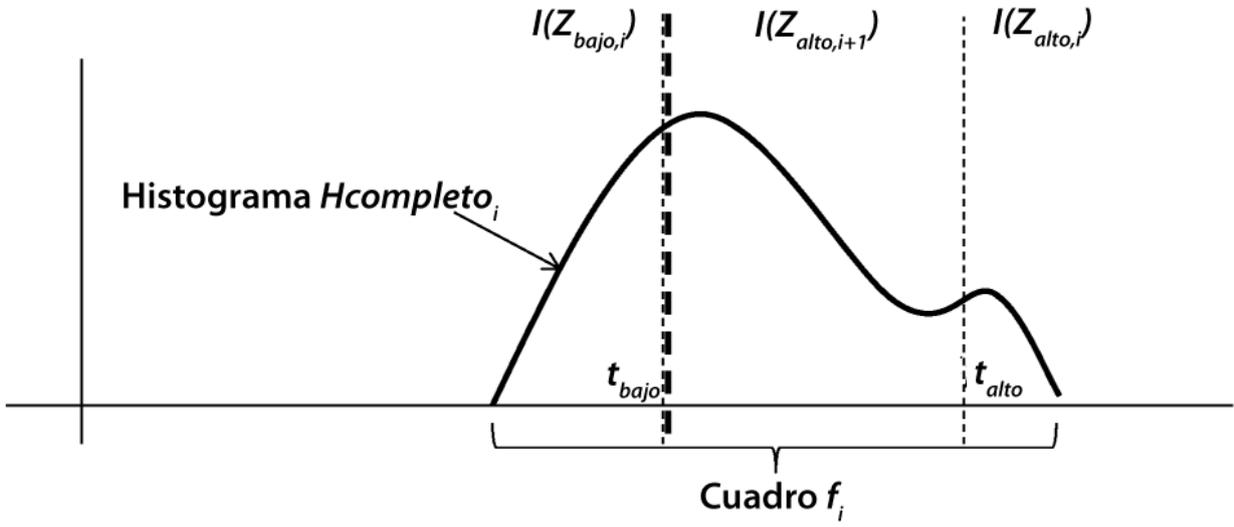


Fig.5

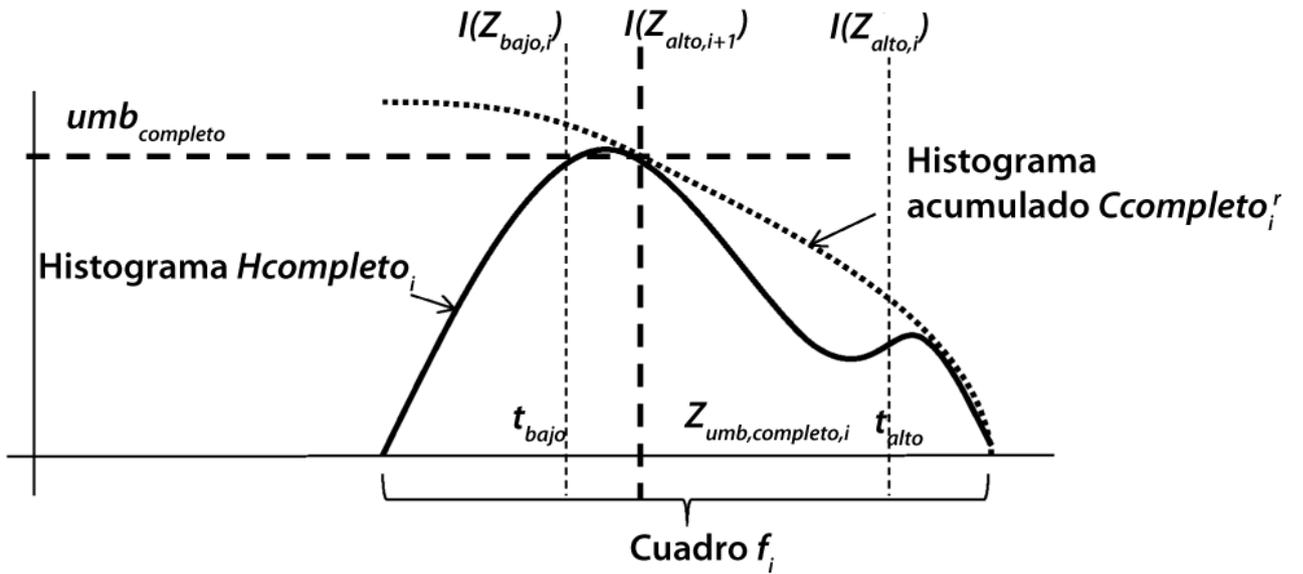


Fig.6