

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 686 980**

51 Int. Cl.:

**H04N 1/41** (2006.01)  
**H04N 1/40** (2006.01)  
**H04N 1/46** (2006.01)  
**H04N 9/04** (2006.01)  
**H04N 19/30** (2014.01)  
**H04N 1/60** (2006.01)  
**H04N 9/67** (2006.01)  
**H04N 9/77** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.04.2012 E 16198562 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.07.2018 EP 3166298**

54 Título: **Codificación, descodificación y representación de imágenes de alto rango dinámico**

30 Prioridad:

**15.04.2011 US 201161476174 P**  
**28.10.2011 US 201161552868 P**

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

**23.10.2018**

73 Titular/es:

**DOLBY LABORATORIES LICENSING CORPORATION (100.0%)**  
**1275 Market Street**  
**San Francisco, CA 94103, US**

72 Inventor/es:

**JIA, WENHUI;**  
**TEN, ARKADY;**  
**NINAN, AJIT;**  
**WARD, GREGORY JOHN y**  
**WANG, GAVEN**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 686 980 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**

Codificación, decodificación y representación de imágenes de alto rango dinámico

Sector técnico

5 La presente invención se refiere, en general, al procesamiento de imágenes y, en particular, a la codificación, decodificación y representación de imágenes de alto rango dinámico.

Antecedentes de la invención

Las tecnologías de pantalla desarrolladas por el cesionario, y otros, pueden reproducir imágenes que tienen un alto rango dinámico (HDR, high dynamic range). Dichas pantallas pueden reproducir imágenes que representan las escenas reales más fielmente que las pantallas convencionales.

10 Para soportar la compatibilidad regresiva así como las nuevas tecnologías de pantallas HDR, una imagen HDR se puede representar mediante una imagen con mapeo de tonos, con metadatos adicionales que comprenden relaciones de luminancia de escala de grises. Por un lado, la imagen con mapeo de tonos puede ser utilizada para presentar una imagen de rango dinámico normal (por ejemplo, en una pantalla heredada). Por otro lado, los metadatos adicionales pueden ser utilizados con la imagen con mapeo de tonos para generar, recuperar o presentar una imagen HDR (por ejemplo, mediante una pantalla HDR).

15 Sin embargo, una imagen con mapeo de tonos puede comprender una o varias alteraciones de color provocadas por varias razones en relación con un usuario que está manipulando la imagen o con un operador de mapeo de tonos particular utilizado para generar la imagen con mapeo de tonos. Por ejemplo, el usuario puede cambiar información del matiz relacionada con parte o la totalidad de los píxeles de la imagen para crear una imagen de aspecto más artístico. Además, un operador de mapeo de tonos puede llevar a cabo diferentes recortes de blanco o negro en varios canales de color, y puede introducir alteraciones de color, por ejemplo, en zonas de la imagen relativamente subexpuestas o sobreexpuestas. Con las técnicas existentes, estas alteraciones de color en la imagen con mapeo de tonos son difíciles o imposibles de eliminar cuando un decodificador situado más abajo intenta reconstruir una imagen HDR a partir de una imagen con mapeo de tonos y de las relaciones de luminancia de escala de grises asociadas.

20 La patente EP 1 743 301 A1 da a conocer un procedimiento para codificar datos de imagen de alto rango dinámico. Se obtienen datos de mapa de tonos con un rango dinámico menor que el de los datos de imagen de alto rango dinámico, a partir de los correspondientes datos de imagen de alto rango dinámico. Se calculan datos de relaciones que comprenden relaciones de valores en los datos de imagen de alto rango dinámico y valores correspondientes en los datos de mapa de tonos. En base a los datos de relaciones se genera información de alto rango dinámico. La información de alto rango dinámico se almacena en una estructura de datos junto con información del mapa de tonos generada a partir de los datos del mapa de tonos.

25 Los enfoques descritos en esta sección son enfoques que podrían estar reivindicados, pero no necesariamente enfoques que hayan sido concebidos o reivindicados anteriormente. Por lo tanto, salvo que se indique lo contrario, no se deberá suponer que ninguno de los enfoques descritos en esta sección se cualifica como técnica anterior tan sólo en virtud de su inclusión en esta sección. Análogamente, no se deberá suponer en base a esta sección que los problemas identificados con respecto a uno o varios enfoques han sido reconocidos en la técnica anterior, salvo que se indique lo contrario.

Breve descripción de los dibujos

40 La presente invención se muestra a modo de ejemplo, y no de limitación, en las figuras de los dibujos adjuntos, en las que los numerales de referencia similares se refieren al elementos similares y en las que:

la figura 1 muestra un codificador de imágenes HDR de ejemplo, de acuerdo con algunas posibles realizaciones de la presente invención;

45 la figura 2 muestra un decodificador de imágenes HDR de ejemplo, de acuerdo con algunas posibles realizaciones de la invención;

las figuras 3A y 3B muestran flujos de proceso de ejemplo, de acuerdo con una posible realización de la presente invención; y

50 la figura 4 muestra una plataforma de hardware de ejemplo, en la que se puede implementar un ordenador o un dispositivo informático como los descritos en la presente memoria, de acuerdo con una posible realización de la presente invención.

La figura 5 muestra las características de saturación variable de diferentes sensores de color en una típica cámara sobre un gradiente de negro a blanco.

Las figuras 6A y 6B muestran realizaciones de un presente sistema que transforma datos de imagen del espacio de color de un sensor de una cámara al espacio de color de un monitor, que llevan a cabo balance de blancos a posteriori.

La figura 7 es una realización de una técnica de corrección de balance de blancos.

5 Descripción de posibles realizaciones de ejemplo

En la presente memoria se describen posibles realizaciones, que se refieren a técnicas de procesamiento de imágenes. En la siguiente descripción, con fines explicativos, se exponen numerosos detalles específicos para proporcionar una comprensión exhaustiva de la presente invención. Sin embargo, resultará evidente que la presente invención se puede practicar sin estos detalles específicos. En otros casos, las estructuras y dispositivos bien conocidos no se describen exhaustivamente para evitar ocluir, oscurecer u ofuscar innecesariamente la presente invención.

En la presente memoria se describen realizaciones de ejemplo según el esquema siguiente:

1. Visión general
2. Codificador de imágenes HDR
- 15 3. Corrección de balance de blancos
4. Descodificador de imágenes HDR
5. Flujo de proceso de ejemplo
6. Mecanismos de implementación - visión general del hardware
7. Equivalentes, extensiones, alternativas y miscelánea

20 1. Visión general

Esta visión general presenta una descripción básica de algunos aspectos de una posible realización de la presente invención. Se debe observar que esta visión general no es un resumen extensivo o exhaustivo de los aspectos de la posible realización. Además, cabe señalar que no se pretende dar a entender que esta visión general identifica cualesquiera aspectos o elementos particularmente significativos de la posible realización, ni que delimita ningún alcance de la posible realización en particular, ni de la invención en general. Esta visión general presenta tan sólo algunos conceptos que se refieren a la posible realización de ejemplo en un formato condensado y simplificado, y se deberá interpretar simplemente como un preludio conceptual a una descripción más detallada de las posibles realizaciones de ejemplo que sigue más abajo.

Para visualizar imágenes en una amplia variedad de dispositivos de representación de imágenes, los operadores de mapeo de tonos (TMO, tone mapping operators) procesan imágenes HDR de entrada en imágenes de base con mapeo de tonos (TM, tone-mapped). Las imágenes de base TM pueden comprender alteraciones de color (por ejemplo, cambios del matiz, recortes de color, aspectos artísticos, etc.) en relación con la imagen de entrada. Con algunas técnicas, se proporcionan imágenes de base TM a descodificadores de imágenes situados más abajo, junto con relaciones de luminancia, para reconstruir imágenes HDR equivalentes a las imágenes HDR de entrada. Sin embargo, un descodificador de imágenes situado más abajo no podría eliminar las alteraciones de color en una imagen HDR reconstruida, en base a una imagen de base TM y de las relaciones de luminancia de escala de grises. Como resultado, las alteraciones de color seguirían siendo perceptibles en la imagen HDR reconstruida.

Por contraste, un codificador de imágenes HDR con las técnicas descritas en la presente memoria crea no solamente relaciones de luminancia sino asimismo valores residuales de color en base a una imagen HDR de entrada y una imagen de base TM. Las relaciones de luminancia y los valores residuales de color se pueden denominar colectivamente datos de reconstrucción HDR. Opcional y/o adicionalmente, las relaciones de luminancia se transforman a un dominio logarítmico para soportar un rango relativamente amplio de valores de luminancia. Opcional y/o adicionalmente, se cuantifican las relaciones de luminancia logarítmicas y los valores residuales de color resultantes. Opcional y/o adicionalmente, las relaciones logarítmicas cuantificadas y los valores residuales de color cuantificados se almacenan en una imagen residual. Las relaciones logarítmicas cuantificadas y los valores residuales de color cuantificados, o la imagen residual en algunas realizaciones, se proporcionan con la imagen de base TM a un descodificador de imágenes situado más abajo. Opcional y/o adicionalmente, se proporcionan asimismo con la imagen de base TM parámetros relacionados con las relaciones logarítmicas cuantificadas y los valores residuales de color cuantificados (por ejemplo, límites de rangos, etc.).

50 En la presente memoria, un TMO puede realizar libremente recortes de color en canales de color para píxeles individuales con niveles de luminancia bajos (negro) o altos (blanco). Asimismo, no es necesario un TMO tal como el descrito en la presente memoria para mantener el matiz en cada píxel. Con las técnicas descritas en la presente memoria, el usuario es libre para seleccionar un TMO en base al contenido de la imagen (por ejemplo, figuras

humanas, una imagen interior, una escena exterior, una visión nocturna, una puesta de sol, etc.) o a las aplicaciones (por ejemplo, utilizado en una película, un póster, una foto de boda, una revista, etc.). Los recortes o modificaciones de color se pueden utilizar deliberada y libremente para crear aspectos artísticos de imágenes. Los codificadores y descodificadores de imágenes HDR de la presente memoria soportan TMO implementados por diferentes tipos de software de edición y de fabricantes de cámaras que pueden introducir una amplia gama de posibles alteraciones de color. Con las técnicas descritas en la presente memoria, los codificadores HDR proporcionan valores residuales de color a los descodificadores HDR. A su vez, los descodificadores HDR hacen uso de los valores residuales de color para impedir (o minimizar) la presencia de las alteraciones de color en las imágenes HDR reconstruidas.

Con las técnicas descritas en la presente memoria se pueden utilizar flujos de bits y/o archivos de imagen para almacenar y proporcionar imágenes de base TM y sus respectivos datos de reconstrucción HDR a visores o descodificadores de imágenes situados más abajo, para una descodificación y/o representación. Un formato de imagen con las técnicas descritas en la presente memoria soporta TMO implementados mediante diferentes tipos de software de edición y de fabricantes de cámaras. Los ejemplos de formatos de imagen descritos en la presente memoria pueden incluir, de forma no limitativa, formatos de imagen JPEG estándar (incluyendo, por ejemplo, JPEG-HDR), etc. En una realización de ejemplo, el formato de imagen JPEG-HDR se utiliza para soportar el almacenamiento de una imagen de base TM con relaciones de luminancia y valores residuales de color. Adicional y/u opcionalmente, se comprimen una o ambas de la imagen de base TM y la imagen residual almacenadas en un archivo de imagen. La compresión tal como se describe en la presente memoria se puede llevar a cabo utilizando el estándar JPEG o un procedimiento diferente.

Un visor o descodificador de imágenes que no soporte procesamiento de imágenes HDR con las técnicas descritas en la presente memoria simplemente abre la imagen de base TM en un archivo de imagen. Por otra parte, los descodificadores de imágenes HDR con las técnicas descritas en la presente memoria están configurados para al leer/analizar sintácticamente el archivo de imagen en la imagen de base TM y sus correspondientes relaciones de luminancia y valores residuales de color, y para restablecer/reconstruir una imagen HDR. La imagen HDR reconstruida descrita en la presente memoria carece de alteraciones de color que estuvieran ausentes en una imagen HDR de entrada original pero se hubieran introducido en la imagen de base TM mediante un TMO.

En algunas posibles realizaciones, los mecanismos que se describen en la presente memoria forman parte de un codificador de imágenes, incluyendo de forma no limitativa un dispositivo portátil, un aparato de juegos, un sistema de cine en casa, un sistema de entretenimiento doméstico, una televisión, un ordenador portátil, un miniordenador portátil, un radioteléfono celular, un lector de libros electrónicos, un terminal de punto de venta, un ordenador de sobremesa, una estación de trabajo, un quiosco informático y otras clases de terminales y unidades de procesamiento.

Varias modificaciones a las realizaciones preferidas y a los principios genéricos y las características descritas en la presente memoria resultarán evidentes para los expertos en la materia. Por lo tanto, la invención no pretende limitarse a las realizaciones mostradas, sino que debe ser acorde con el máximo alcance coherente con los principios y características descritas en la presente memoria.

## 2. Codificador de imágenes hdr

La figura 1 muestra un codificador de imágenes HDR de ejemplo, de acuerdo con algunas posibles realizaciones de la presente invención. En algunas posibles realizaciones, el codificador de imágenes HDR esté implementado por uno o varios dispositivos informáticos, y configurado con componentes de software y/o de hardware que implementan técnicas de procesamiento de imágenes para codificar una imagen HDR de entrada en una imagen TM con datos de reconstrucción HDR en un formato de imagen basado en estándares o propietario.

El codificador de imágenes HDR comprende componentes de software y/o de hardware configurados para recibir una imagen HDR de entrada. Tal como se utiliza en la presente memoria, una "imagen HDR de entrada" se refiere a cualquier imagen HDR que puede comprender datos de imagen de alto rango dinámico de punto flotante o de punto fijo. La imagen HDR de entrada puede estar en cualquier espacio de color que soporte una gama de colores de alto rango dinámico. En una realización de ejemplo, la imagen HDR de entrada es una imagen RGB (por ejemplo, HDR RGB de entrada 102, tal como se muestra en la figura 1) en un espacio de color RGB. En un ejemplo, cada píxel en la imagen HDR de entrada comprende valores de píxel de punto flotante para todos los canales (por ejemplo, canales de color rojo, verde y azul en el espacio de color RGB) definidos en el espacio de color. En otro ejemplo, cada píxel en la imagen HDR de entrada comprende valores de píxel de punto fijo para todos los canales (por ejemplo, valores de píxel de punto fijo de 16 bits o de números menores/mayores de bits para canales de color rojo, verde y azul en el espacio de color RGB) definidos en el espacio de color. Cada píxel puede, opcional y/o alternativamente, comprender valores de píxel submuestreados para uno o varios de los canales en el espacio de color.

En una realización de ejemplo, el codificador de imágenes HDR comprende componentes de software y/o de hardware configurados para llevar a cabo una serie de etapas de preprocesamiento. Opcional y/o alternativamente, las etapas de preprocesamiento incluyen, de forma no limitativa, cero o más comprobaciones de validez sobre la imagen HDR de entrada, etc. Por ejemplo, una imagen HDR de entrada puede o no comprender valores de píxel que implican valores de luminancia negativos, por ejemplo, introducidos por una etapa situada más arriba o por una

corrupción local de los datos introducida en la codificación o la transmisión. Para impedir que un valor de luminancia subyacente sea negativo, provocando con ello problemas en las subsiguientes operaciones de mapeo de tonos, se comprueban los valores de luminancia subyacentes en la imagen HDR de entrada con una comprobación de validez (comprobación de Lum negativa 104). Si un valor de luminancia subyacente de un píxel no es positivo, los valores de píxel para todos los canales de color del píxel se pueden ajustar a cero.

En posibles realizaciones en las que un valor de luminancia no está dado directamente para un píxel en un espacio de color, se puede obtener (indirectamente) un valor de luminancia para el píxel a partir de valores de píxel del píxel en el espacio de color. En una realización de ejemplo, los valores de píxel, R, G y B, en un espacio de color RGB para un píxel se pueden utilizar para calcular el valor de luminancia, Y, para el píxel, como sigue:

$$Y = 0.30078125 * R + 0.59765625 * G + 0.1015625 * B \quad \text{expresión (1)}$$

Antes de que la imagen HDR de entrada, que puede o no ser preprocesada, se proporcione a un operador de mapeo de tonos (TMO 106), los datos de imagen HDR de entrada se pasan a través de un operador de balance de blancos (105). Tal como se explicará en mayor detalle a continuación, corregir y/o ajustar el balance de blancos en las imágenes HDR puede ser deseable como una parte de la codificación HDR así como antes de una operación de mapeo de tonos.

En una realización de ejemplo, el TMO 106 comprende componentes de software y/o de hardware configurados para generar, en base a la imagen HDR de entrada (que puede ser preprocesada), una imagen con mapeo de tonos (TM) que se puede representar en una amplia variedad de dispositivos de pantalla. Con las técnicas descritas en la presente memoria, el TMO 106 se trata como una caja negra en el codificador de imágenes HDR. El TMO 106, o un usuario que utiliza el TMO 106 para manipular la imagen HDR de entrada, puede introducir libremente una o varias alteraciones de color que afecten a las propiedades de matiz o de cromaticidad en algunas o todas las partes de la imagen TM entregada desde el TMO 106. Con las técnicas descritas en la presente memoria, la imagen TM con las alteraciones de color realizadas libremente por el TMO 106 o por el usuario se pueden proporcionar a los dispositivos situados más abajo como una imagen de base, junto con datos de reconstrucción HDR creados con las técnicas descritas en la presente memoria, que pueden ser utilizados para reproducir/representar la imagen HDR. Los datos de reconstrucción HDR proporcionan información suficiente, a un dispositivo receptor situado más abajo, para reproducir la imagen HDR sin las alteraciones de color realizadas por el TMO 106.

Opcional y/o alternativamente, el codificador de imágenes HDR comprende componentes de software y/o de hardware (mod. de negro 110) configurados para llevar a cabo modificaciones de negro sobre la salida del TMO 106, la imagen TM (R'G'B' 108). El codificador de imágenes HDR, o el mod. de negro 110 del mismo, localiza valores de píxel cero en la imagen TM (R'G'B' 108). En un ejemplo, si un valor de píxel para un canal de color es cero, el valor de píxel recibe un valor pequeño, tal como 1, 2, 10, u otro valor mayor o menor. En otro ejemplo, si el valor de luminancia para un píxel es cero, los valores de píxel para uno o varios canales de color reciben valores pequeños tales como 1, 2, 10 u otros valores mayores o menores. Un valor de píxel pequeño (por ejemplo, por debajo de 10) puede no constituir una diferencia visual perceptualmente.

La imagen TM (R'G'B' 108) puede o no ser una imagen de corrección gamma de 8 bits. Solamente a efectos ilustrativos, la imagen con mapeo de tonos (R'G'B' 108) emitida por el TMO 106 ha sido sometida a corrección gamma dentro del TMO 106. Opcional y/o alternativamente, el codificador de imágenes HDR comprende componentes de software y/o de hardware (gama inversa 112) configurados para convertir la imagen con mapeo de tonos (R'G'B' 108) en una imagen con mapeo de tonos intermedia (RGB<sub>t</sub>) en un dominio lineal, si un parámetro de salida o un valor de retorno del TMO 106 indica que se ha llevado a cabo corrección gamma dentro del TMO 106. La curva gamma utilizada para la corrección gamma y/o para la conversión gamma se puede relacionar con un espacio de color estándar, tal como sRGB o AdobeRGB, lo que se puede indicar por el TMO 106 utilizando uno o varios parámetros de salida o valores de retorno. En una realización de ejemplo, RGB<sub>t</sub> se puede utilizar para obtener además relaciones de luminancia y valores residuales, tal como se describe en la presente memoria.

En una realización de ejemplo, los valores de luminancia (Y<sub>h</sub>) en la imagen HDR de entrada (RGB<sub>h</sub>) y los valores de luminancia (Y<sub>t</sub>) en RGB<sub>t</sub> se pueden calcular. En algunas posibles realizaciones, Y<sub>h</sub>, Y<sub>t</sub> y las relaciones de luminancia (r) entre Y<sub>h</sub> y Y<sub>t</sub>, se pueden calcular para cada píxel individual, como sigue:

$$\begin{aligned} Y_h &= L(RGB_h) = 0.30078125 * R_h + 0.59765625 * G_h + 0.1015625 * B_h \\ Y_t &= L(RGB_t) = 0.30078125 * R_t + 0.59765625 * G_t + 0.1015625 * B_t \quad \text{expresiones (2)} \\ r &= \frac{Y_h}{Y_t} \end{aligned}$$

Donde Y<sub>h</sub> comprende una serie de valores de luminancia, cada uno de los cuales corresponde a un píxel diferente en la imagen HDR de entrada, Y<sub>t</sub> comprende una serie de valores de luminancia, cada uno de los cuales corresponde a un píxel diferente en la imagen con mapeo de tonos, y r comprende una serie de relaciones de luminancia, cada una de las cuales se define como una relación entre un valor de luminancia en Y<sub>h</sub> y un correspondiente valor de luminancia en Y<sub>t</sub>. En algunas posibles realizaciones, Y<sub>h</sub>, Y<sub>t</sub> y r se pueden expresar con

matrices de la misma dimensión. Una posición en una matriz descrita en la presente memoria, que se indica mediante un índice de fila y un índice de columna, puede indicar un píxel en una imagen (por ejemplo, la imagen HDR de entrada, la imagen con mapeo de tonos o una imagen de relaciones de luminancia formada mediante  $r$ ). Los valores de luminancia de  $Y_h$  y  $Y_t$  y las relaciones de luminancia de  $r$  se corresponden entre sí, si sus posiciones comparten el mismo índice de fila y el mismo índice de columna en las matrices. En una realización alternativa, las operaciones de división (Div 116) que se muestran en la figura 1 para calcular  $r$  en base a  $Y_h$  y  $Y_t$  se llevan a cabo como restas en un dominio logarítmico.

Con las técnicas descritas en la presente memoria, las relaciones de luminancia  $r$  se calculan utilizando la imagen con mapeo de tonos ( $RGB_t$ ) que comprende el resultado de las operaciones de alteración de color llevadas a cabo por el TMO 106 o por el usuario. Las relaciones de luminancia calculadas en las expresiones (2), cuando multiplican la imagen con mapeo de tonos, producen una imagen cuyos valores de luminancia coinciden con los valores de luminancia de la imagen HDR de entrada.

Si el TMO 106 mantiene el balance de color y si el TMO 106 o el usuario no realizan ningún recorte de color con la imagen con mapeo de tonos, una imagen combinada creada mediante una manipulación de la imagen con mapeo de tonos con las relaciones de luminancia  $r$  coincide color por color con la imagen HDR de entrada.

Por otra parte, si la imagen con mapeo de tonos comprende alteraciones/distorsiones de color, por ejemplo, cuando el balance de color en la imagen HDR de entrada es modificado por el TMO 106 en la imagen con mapeo de tonos, o si se produce un recorte de color en el balance de blancos 105 o el TMO 106, la imagen combinada creada por una multiplicación de la imagen con mapeo de tonos por las relaciones de luminancia  $r$  no coincide color por color con la imagen HDR de entrada. Con las técnicas descritas en la presente memoria, se calculan diferencias en canales de color diferentes al canal de luminancia, entre la imagen combinada y la imagen HDR de entrada, para producir valores residuales incluidos en datos de reconstrucción HDR. Los datos de reconstrucción HDR generados con las técnicas descritas en la presente memoria proporcionan información de color adicional que se perdió en el balance de blancos 105 o el TMO 106, o en operaciones llevadas a cabo por el usuario. Cuando un dispositivo situado más abajo, tal como un decodificador de imágenes HDR o un dispositivo de representación HDR, recibe la imagen TM con las alteraciones/distorsiones de color y los datos de reconstrucción HDR, las alteraciones/distorsiones de color en la imagen TM se compensan con los datos de reconstrucción HDR.

Tal como se utiliza en la presente memoria, recorte se refiere a un tipo de alteración del color que altera/modifica valores de píxel fuera del límite en canales de color, de tal modo que los valores de píxel resultantes estén dentro de los rangos representados. El recorte se puede producir sobre cualesquiera canales de color (por ejemplo, los valores de píxel R, G y B en un espacio de color RGB en una determinada parte de la imagen HDR se pueden recortar en la imagen TM). Las magnitudes del recorte pueden o no variar con los canales de color (por ejemplo, más recorte para verde, menos recorte para azul, etc.).

Utilizando las relaciones de luminancia  $r$ , la imagen HDR de entrada se puede remapear para generar una imagen remapeada intermedia ( $RGB_{ht}$ ) cuyo balance de color no cambia.  $RGB_{ht}$  se puede calcular con una operación de división (Div 118), como sigue:

$$RGB_{ht} = \frac{RGB_h}{r} \quad \text{expresión (3)}$$

Tal como se ha explicado anteriormente, si el balance de color ha sido mantenido por el TMO 106 y si no existe ningún recorte de color, la imagen remapeada ( $RGB_{ht}$ ) será igual que la imagen con mapeo de tonos ( $RGB_t$ ). De lo contrario, existirán diferencias entre estas dos imágenes. Las diferencias entre las dos imágenes son valores residuales en el espacio de la imagen de mapeo de tonos (por ejemplo, un espacio que comprende todas las posibles imágenes con mapeo de tonos). En una realización de ejemplo, los valores residuales ( $RGB_e$ ) se calculan con restas (Sub 132) en el dominio lineal, como sigue:

$$RGB_e = RGB_{ht} - RGB_t \quad \text{expresión (4)}$$

Los valores residuales ( $RGB_e$ ) se pueden convertir (mediante un bloque CSC 134 mostrado en la figura 1) a un espacio de color  $YC_bC_r$ . Con las técnicas de la presente memoria, la imagen con mapeo de tonos ( $RGB_t$ ) y la imagen remapeada ( $RGB_{ht}$ ) tienen los mismos valores de luminancia. Los valores residuales de luminancia entre estas dos imágenes son todos cero. Los valores residuales ( $RGB_e$ ) en el espacio de color  $YC_bC_r$  comprenden solamente información de cromaticidad (Diff  $C_bC_r$  154) que tiene que ser guardada. La conversión de  $RGB_e$  a Diff  $C_bC_r$  se puede dar como sigue:

$$\begin{bmatrix} Y_e \\ Cb_e \\ Cr_e \end{bmatrix} = M_{csc} * \begin{bmatrix} R_e \\ G_e \\ B_e \end{bmatrix} \quad \text{expresión (5)}$$

Donde  $M_{csc}$  y su inversa  $M_{csc}^{-1}$  pueden ser una matriz 3x3 definida como sigue:

$$M_{csc} = \begin{bmatrix} 0.30078125 & 0.59765625 & 0.1015625 \\ -0.16739 & -0.3326 & 0.5 \\ 0.5 & -0.42737 & -0.0726 \end{bmatrix}$$

expresiones (6)

$$M_{csc}^{-1} = \begin{bmatrix} 1.0 & 0.0 & 1.3984 \\ 1.0 & -0.3054 & -0.7038 \\ 1.0 & 1.7969 & 0.0 \end{bmatrix}$$

Con las técnicas descritas en la presente memoria, los coeficientes de conversión utilizados para calcular valores de luminancia en la imagen HDR de entrada y la imagen con mapeo de tonos son exactamente iguales que los mismos que en  $M_{csc}$  en las expresiones (5) y (6). Con estas técnicas, los valores residuales de luminancia ( $Y_e$ ) en  $RGB_e$  son todos cero, tal como se muestra a continuación:

$$\begin{aligned} Y_e &= L(RGB_e) \\ &= L(RGB_{ht} - RGB_t) \\ &= L(RGB_{ht}) - L(RGB_t) \\ &= \frac{L(RGB_h)}{r} - L(RGB_t) \\ &= \frac{Y_h}{r} - Y_t \\ &= 0 \end{aligned}$$

expresiones (7)

Las relaciones de luminancia  $r$  en el dominio lineal, calculadas en las expresiones (2), tienen un amplio rango, debido a que las relaciones llevan información HDR de la imagen de entrada. En una realización de ejemplo, con el propósito de una cuantificación eficiente, tal como se muestra en la siguiente expresión (8), las relaciones de luminancia  $r$  se convierten primero (por ejemplo, mediante un bloque log 130 de la figura 1) a un dominio logarítmico. Los valores de relaciones de luminancia máximo y mínimo en el dominio logarítmico se pueden utilizar para determinar un rango logarítmico (por ejemplo, mediante un bloque Min Max de la figura 1) con el límite superior y el límite inferior como  $lr_{max}$  y  $lr_{min}$ , respectivamente. Las relaciones de luminancia logarítmicas pueden a continuación cuantificarse (por ejemplo, uniformemente o según una curva particular) (por ejemplo, mediante un bloque Cuant. 8b 136 de la figura 1) en valores de 8 bits Log  $Y_t$  (o  $H$  en la expresión (8)) en base al rango logarítmico. En un ejemplo, se utilizan logaritmos naturales con el dominio logarítmico. En otros ejemplos, con el dominio logarítmico se utilizan logaritmos con otras bases diferentes a la de los logaritmos naturales.

$$\begin{aligned} lr &= \log(r) \\ lr_{min} &= \min lr \\ lr_{max} &= \max lr \\ H &= \left( \frac{lr - lr_{min}}{lr_{max} - lr_{min}} \right) * 255 \end{aligned}$$

expresión (8)

En un espacio de color  $YC_bC_r$ , de ejemplo, los valores residuales  $C_b$  y  $C_r$  (indicados como  $U$  y  $V$  en las expresiones (9) y (10)) en Diff  $C_bC_r$  se pueden cuantificar a valores de 8 bits ( $C_bC_r$  158), respectivamente, de manera similar, como sigue:

$$\begin{aligned} Cb_{min} &= \min Cb \\ Cb_{max} &= \max Cb \\ U &= \left( \frac{Cb - Cb_{min}}{Cb_{max} - Cb_{min}} \right) * 255 \\ Cr_{min} &= \min Cr \\ Cr_{max} &= \max Cr \\ V &= \left( \frac{Cr - Cr_{min}}{Cr_{max} - Cr_{min}} \right) * 255 \end{aligned}$$

expresiones (9)

expresiones (10)

En una realización de ejemplo, después de la cuantificación, los datos de reconstrucción HDR comprenden tres conjuntos de datos bidimensionales, H, U y V (Log  $Y_t$  y  $C_b C_r$  158 en la figura 1). Los conjuntos de datos de reconstrucción HDR se pueden guardar/almacenar en un único recipiente  $Y C_b C_r$  144 (por ejemplo, una imagen YUV) que comprende los valores de relaciones de luminancia (en el canal de luminancia del espacio de color YUV de ejemplo) y los valores residuales (en los canales de diferencia de cromaticidad del espacio de color YUV de ejemplo), como si formaran una imagen (por ejemplo, YUV). A final se pueden obtener dos imágenes. Una es una imagen con mapeo de tonos en el espacio de color RGB, y la otra es una imagen HUV en el espacio de color YUV. La imagen con mapeo de tonos puede ser la salida (R'G'B' 108) del TMO 106, después de modificación de negros (mod. de negro 110) y/o con de desaturación opcional (por ejemplo, 150). Ambas imágenes con mapeo de tonos y HUV pueden comprender datos de 8 bits, y se pueden comprimir, por ejemplo, utilizando un procedimiento de compresión estándar JPEG. Los datos de reconstrucción HDR se pueden entregar en un segmento de aplicación (APP SEG 146) con la imagen con mapeo de tonos en un único archivo de imagen. Dicho único archivo de imagen puede estar en un formato de archivo de imagen basado en estándares o propietario (por ejemplo, JPEG-HDR). El segmento de aplicación puede ser un campo indicador (por ejemplo, indicador APP11) en el formato de archivo de imagen (por ejemplo, tal como se define mediante el estándar JPEG). En un ejemplo, la imagen TM forma una imagen de base (base RGB TM 148) después de la compresión JPEG, y la imagen HUV se acopla a la imagen de base TM en un segmento de aplicación (APP SEG 146), tal como un indicador APP11 en un archivo de imagen HDR de salida (por ejemplo, 156).

Las técnicas descritas en la presente memoria se pueden utilizar para procesar imágenes HDR tanto de punto flotante como de punto fijo (por ejemplo, una imagen lineal de 16 bits, una imagen con corrección gamma de 14 bits, etc.).

En una realización de ejemplo, la imagen de base TM y la imagen HUV se almacenan en un formato JPEG estándar con técnicas JPEG-HDR, disponibles comercialmente en la firma Dolby Laboratories, San Francisco, California. La imagen de base TM se almacena en un segmento de datos codificado con entropía. La imagen HUV con parámetros y datos auxiliares se almacena en un segmento de aplicación, tal como un segmento de aplicación APP11 con JPEG-HDR, con una cadena ID apropiada (por ejemplo, "DD").

Los valores máximo y mínimo de los rangos de valores de cuantificación en la HUV se pueden almacenar en un segmento de tipo I. Estos valores máximo y mínimo incluyen los valores máximo y mínimo de las relaciones de luminancia en el dominio logarítmico, los valores máximo y mínimo para los valores residuales  $C_b$  y los valores máximo y mínimo para los valores residuales  $C_r$ . Opcional y/o alternativamente, en el segmento de tipo I se incluye otra información que especifica el espacio de color de la imagen de base (por ejemplo, sRGB, AdobeRGB) y el modo residual (por ejemplo, solamente relación de luminancia). Si el modo residual es solamente relación de luminancia, los datos y los parámetros relacionados  $C_b$  y  $C_r$  se pueden ignorar en la descodificación posterior.

En una realización de ejemplo, la imagen HUV se almacena en un segmento de tipo II, y se puede dividir en múltiples segmentos de tipo II con información de índice en una cabecera de los segmentos, si el tamaño de los datos de la imagen HUV excede un determinado tamaño, por ejemplo, 64 kilobytes.

### 3. Corrección de balance de blancos

A menudo, un usuario captura una imagen con una cámara digital y se desea reproducir una imagen HDR obtenida a partir de la imagen capturada. Si el formato RAW de la cámara que captura la imagen se conociera, entonces puede ser posible crear una imagen HDR con alta fidelidad de cromaticidad. Sin embargo, puede ser difícil llevar a cabo correctamente el balance de blancos a posteriori utilizando el estándar JPEG, por lo menos debido a dos razones: (1) el mapeo exacto del espacio de color reproducido de vuelta a los colores de los sensores no se conoce, y (2) la retención se ha aplicado de manera desigual a diferentes canales de color. Sin saber cómo obtener un espacio de color que esté relacionado linealmente con los valores de sensor originales no se puede realizar correctamente la corrección del balance de blancos.

Sin embargo, si se conoce el formato RAW de la cámara es posible utilizar el formateo RAW de la cámara para ajustar la exposición y el balance de blancos con posterioridad (es decir, después de que las imágenes sean capturadas por la cámara). Aunque las imágenes JPEG estándar pueden tener su brillo aumentado en alguna medida, no es posible recuperar los brillos perdidos, y el balance de blancos aumenta el brillo global de la imagen o bien hace que los brillos perdidos se colorean en alguna medida. Sin embargo, una realización del presente sistema proporciona la capacidad de ajustar la exposición y el balance de blancos de imágenes JPEG-HDR y puede tener ventajas sobre las codificaciones de imágenes JPEG estándar y (en muchos casos) RAW de la cámara.

Una codificación de imágenes estándar, tal como JPEG o TIFF 24 bits, tiene en la práctica un valor máximo representable en cada canal de (255, 255, 255) que corresponde a "blanco". Siempre que la exposición y el balance de blancos de la cámara se ajusten correctamente, la imagen reproducida será aceptable a efectos de visualización e impresión normales. Sin embargo, si la imagen está ligeramente sobreexpuesta, o el balance de blancos está ajustado de manera inadecuada por el usuario o por el software inalterable de la cámara, será difícil corregir la imagen durante el posprocesamiento. Una vez que un valor principal se ha recortado 255, la información utilizada para recuperar el color original tendería a perderse.



Aunque no hay ningún estándar ampliamente adoptado para RAW de la cámara, la mayor parte de dichos formatos contienen información suficiente en cada píxel para realizar ajustes modestos a la exposición y el balance de blancos. Registrando los valores de salida originales A/D del sensor, es posible saber casi todo lo que hizo la cámara cuando se tomó la imagen. En particular, es posible distinguir cuándo se saturó cada sensor, lo que permite la posibilidad de ajustar la exposición y el balance de blancos dentro del rango capturado.

De hecho, si los archivos RAW de la cámara están disponibles la situación mejora, por dos razones: (1) RAW de la cámara tiene algo de espacio sobrante en cada canal más allá del "blanco", y (2) RAW de la cámara indica exactamente cuándo se recorta cada canal, de tal modo que es posible tomar nota para no superar este máximo en el mapeo de salida. De este modo, habitualmente una corrección de puntos blancos a posteriori funciona en RAW de la cámara debido a que (1) el espacio de color del sensor lineal y el rango son conocidos, y (2) no se ha perdido ninguna información en la retención. Cualquier punto blanco representado disponible en el momento de la captura está disponible a partir de los datos de RAW de la cámara.

De hecho, si se lleva a cabo balance de blancos en RAW de la cámara, la imagen resultante es la imagen original dado que se repiten las etapas realizadas por la cámara en el software inalterable -pero posiblemente ejecutadas en software independiente. Sin embargo, existen límites sobre cuánta de la información de brillos puede ser recuperada. Por ejemplo, en algunos casos, si uno de los canales ha alcanzado su valor máximo en esta zona, el conversor RAW puede recortar los otros dos para garantizar un resultado neutral.

Retener colores primarios al punto blanco erróneo hace problemática la corrección a posteriori, incluso si se sabe cómo obtener los valores lineales, dado que se ha comprometido todo el rango de datos del sensor. Dicho procesamiento a posteriori puede terminar decolorando nuevos brillos o bien aumentando el brillo de la imagen, de una manera que produce desaturación de color y pérdida de detalle en otros lugares.

La situación se muestra en la figura 5. La figura 5 representa un gráfico del rendimiento de una cámara digital hipotética capturando datos de imagen en un gradiente negro a blanco. De acuerdo con el gráfico de la figura 5, la imagen digital capturada en el canal verde se satura en un primer valor de luminancia blanca (en el valor digital 4095), y a continuación se satura el canal rojo en un valor de luminancia blanca superior. Sin embargo, el canal azul adopta un valor de luminancia blanca mucho mayor para saturarse. Sin conocer estos puntos en que se saturan los diversos canales de color, la corrección para un balance de blancos apropiado es particularmente complicada.

#### Extensión de JPEG-HDR

JPEG-HDR se creó como una extensión del estándar JPEG para permitir el almacenamiento de imágenes de alto rango dinámico. Con el formato existente para JPEG-HDR, JPEG-HDR tiene efectivamente dos canales de imagen que afectan a una corrección de balance de blancos -es decir, la imagen JPEG de la capa de base (con mapeo de tonos) y una capa residual que se puede utilizar para recuperar un espacio de color lineal calibrado-, confiando por lo tanto muchas de las ventajas de RAW de la cámara. El rango dinámico adicional permite de hecho al sistema corregir valores de color más allá de lo que está representado en la capa base. Sin embargo, puede ser deseable añadir alguna información adicional en el caso en que el rango capturado no abarca todo el rango de valores de la escena, tal como es el caso frecuentemente incluso para HDR.

En una realización, el sistema puede almacenar el rango superior del sensor para el HDR capturado en cada uno de los canales de color RGB. Esto puede adoptar la forma de 2 o 3 factores de escala de balance de blancos y una matriz (por ejemplo 3x3) que produce valores de sensor lineales efectivos en un rango nominal (por ejemplo, 0-1). Los "valores de sensor lineales efectivos" se pueden construir para que sean el rango completo de un sensor hipotético que podría capturar en una sola exposición lo que se puede fusionar a partir de múltiples exposiciones en una captura HDR. Estos valores de sensor lineales efectivos se pueden utilizar para producir valores del espacio de color del sensor, de dicho sensor hipotético. Los "factores de escala del balance de blancos" (o "multiplicadores del balance de blancos") se pueden utilizar para informar al sistema sobre cuál fue el ajuste original del balance de blancos durante la conversión -es decir, el utilizado para obtener la salida actual.

En otra realización, se puede hacer un cambio a JPEG-HDR para permitir que los brillos de la imagen HDR recuperada se extiendan más allá del máximo usual hasta valores no blancos -donde uno o varios valores de sensor efectivos han llegado a su límite superior. Debido a que estos píxeles pueden estar representados como blanco en la capa de base con mapeo de tonos, se pueden utilizar los nuevos canales residuales de color  $C_b, C_r$  tal como se describe en mayor detalle la presente memoria.

Cuando una aplicación solicita la imagen HDR recombinada de un archivo JPEG-HDR, puede entonces llevarse a cabo retención de blanco. Esto se puede conseguir transformando la imagen HDR de nuevo a los "valores de sensor lineales efectivos" y aplicando los multiplicadores de balance de blancos (corregidos). En una realización, estos multiplicadores se pueden normalizar de tal modo que el más pequeño de los tres multiplicadores de canal sea exactamente 1. Esto puede estar seguido por una etapa de retención en la que los valores  $\text{sensor} \times \text{multiplicador} > 1$  se recortan a 1. Finalmente, los valores de sensor efectivos modificados de cada píxel se pueden transformar de nuevo al espacio de color objetivo utilizando la inversa de la matriz de sensores proporcionada.

En otra realización más, una optimización puede comprobar si los valores de píxel HDR son lo suficientemente grandes para abordar la retención. Si un píxel está dentro del límite de la gama capturada, entonces no se requiere retención y las dos transformaciones de color y el ajuste de blanco se pueden combinar en una transformada. Esta será la matriz identidad en los casos en que el balance de blancos original quede inalterado. Dado que la mayor parte de los píxeles pueden estar dentro de la gama capturada, esto puede reducir los requisitos de cálculo para este procedimiento. Si se desea volver a representar la capa base con mapeo de tonos, se puede utilizar a continuación el HDR corregido y retenido, creado de este modo, como la fuente para volver a calcular la imagen con mapeo de tonos.

Para mostrar parte de la discusión anterior, la figura 6A muestra un posible conjunto de operaciones de mapeo de este tipo, de un espacio de color del sensor de la cámara a un espacio de color del monitor. El espacio de color del sensor de la cámara 602 envía datos de imagen a los multiplicadores de canal de color 604. Para garantizar un punto blanco, se puede utilizar una retención a un valor mínimo 606 antes de que estos valores sean introducidos en la matriz de transformación de color 608 para su representación en un monitor objetivo. La figura 6B representa una realización diferente de un posible conjunto de mapeos. Tal como se puede ver, si la imagen capturada está en formato HDR, entonces la retención en 606 se puede sortear (610) y los valores pueden ser alimentados directamente a la matriz de transformación de color 608. Con cualquiera de las realizaciones de las figuras 6A y/o 6B, la salida de la matriz de transformación 608 puede ser entregada desde el operador de balance de blancos 105 de la figura 1 a lo largo del camino HDR a Div 118 y al bloque  $Y_h$ .

En una realización, la cámara puede ser capaz de estimar (posiblemente con o sin una entrada de usuario) las condiciones de iluminación ambiental bajo las que fue capturada la imagen para influir, dicho sea como ejemplo, en un balance de blancos de tungsteno o un balance de blancos de luz del día. Esto se puede tener en cuenta para los ajustes adecuados de los multiplicadores del canal de color. Alternativamente, si no existe dicha información en los ajustes de la cámara, entonces puede ser suficiente que el usuario realice una estimación adecuada a posteriori o elija una superficie neutral (referencia gris) en la imagen.

#### 4. Descodificador de imágenes hdr

La figura 2 muestra un descodificador de imágenes HDR de ejemplo, de acuerdo con algunas posibles realizaciones de la presente invención. En una realización de ejemplo, el descodificador de imágenes HDR está implementado por uno o varios dispositivos informáticos, y configurado con componentes de software y/o de hardware que implementan técnicas de procesamiento de imágenes para descodificar datos de imagen HDR (indicados como HDR 202 en la figura 2) que comprenden una imagen RGB de base con mapeo de tonos y datos de reconstrucción HDR. En una realización de ejemplo, los datos de reconstrucción HDR se refieren a valores de relaciones de luminancia, valores residuales Cb y Cr, y parámetros y datos auxiliares relacionados con los datos anteriores. En una realización de ejemplo, los datos de imagen a descodificar por el descodificador de imágenes HDR están en un archivo de imagen en un formato imagen (por ejemplo, JPEG-HDR).

El descodificador de imágenes HDR puede comprender un analizador sintáctico (por ejemplo, 204) configurado para recibir los datos de imagen HDR 202 (por ejemplo, un archivo de imagen JPEG-HDR en un formato mejorado para almacenar valores residuales Cb y Cr además de relaciones de luminancia), y para analizar sintácticamente los datos de imagen HDR 202 en la imagen RGB de base con mapeo de tonos (denominada imagen de base 206 en la figura 2) y uno o varios segmentos de aplicación (APP SEG 208) que almacenan los datos de reconstrucción HDR. En una realización de ejemplo, el analizador sintáctico 204 es un descodificador JPEG estándar.

En una realización de ejemplo, el descodificador de imágenes HDR comprende componentes de software y/o de hardware configurados para analizar sintácticamente dichos uno o varios segmentos de aplicación (APP SEG 208) en una imagen de relaciones de luminancia (imagen de relaciones 210) y valores residuales Cb y Cr cuantificados (residuos CbCr 212). La imagen de relaciones de luminancia (imagen de relaciones 210) comprende relaciones de luminancia logarítmicas cuantificadas.

En una realización de ejemplo, el descodificador de imágenes HDR comprende un bloque de procesamiento de descuantificación (Descuant. 214) configurado para descuantificar las relaciones de luminancia logarítmicas cuantificadas en relaciones de luminancia logarítmicas. El descodificador de imágenes HDR comprende un bloque de procesamiento logarítmico inverso (exp 216) configurado para convertir relaciones de luminancia logarítmicas en relaciones de luminancia en un dominio no logarítmico.

En una realización de ejemplo, el descodificador de imágenes HDR comprende un bloque de procesamiento de descuantificación (Descuant. 218) configurado para descuantificar los valores residuales Cb y Cr cuantificados en valores residuales Cb y Cr. El descodificador de imágenes HDR comprende un bloque de procesamiento de conversión del espacio de color (CSC 220) configurado para convertir valores residuales Cb y Cr en valores residuales RGB en el dominio lineal.

En una realización de ejemplo, el descodificador de imágenes HDR comprende un bloque de resaturación (232) configurado para llevar a cabo el proceso inverso de la desaturación, opcional y/o adicionalmente, si la imagen de base con mapeo de tonos es desaturada por el codificador. En una realización de ejemplo, el descodificador de imágenes HDR comprende un bloque de procesamiento de descodificación gamma (descodificación gamma 224)

- 5 configurado para llevar a cabo descodificación gamma sobre la imagen RGB de base con mapeo de tonos (imagen de base 206), opcional y/o adicionalmente, si la imagen de base con mapeo de tonos (imagen de base 206) es sometida a codificación gamma. Por ejemplo, un parámetro en un segmento de tipo I de un segmento de aplicación puede indicar que la imagen basada en mapeo de tonos es una imagen RGB sometida a codificación gamma (por ejemplo, imagen sRGB).
- 10 La salida del bloque de procesamiento de descodificación gamma (descodificación gamma 224) se multiplica por las relaciones de luminancia de la imagen de relaciones, para cada píxel individual, con el fin de obtener una imagen HDR intermedia de un bloque de procesamiento Mul 226, mientras que los valores residuales RGB son multiplicados por las mismas relaciones de luminancia de la imagen de relaciones para cada píxel individual con el fin de obtener una imagen residual RGB en un bloque de procesamiento Mul 222 (que puede ser el mismo que 226). La imagen HDR intermedia y la imagen residual RGB se pueden sumar para cada píxel individual mediante un bloque de procesamiento de suma (Suma 228) para obtener una imagen HDR RGB (RGB 230), que puede ser una versión restablecida de la imagen HDR RGB de entrada de la figura 1.
- 15 En una realización alternativa, se suman primero los valores de píxel en la imagen de base TM y los valores residuales RGB. Los resultados de las sumas se multiplican a continuación por las relaciones de luminancia para obtener la imagen HDR RGB.
- 20 En otra realización más, se puede llevar a cabo balance de blancos 232 para influir en una corrección de balance de blancos a posteriori. La figura 7 representa una posible realización para el procesamiento de datos de imagen HDR y el ajuste de los datos a un balance de blancos apropiado. En 702, el sistema introduce datos de imagen JPEG-HDR con cualesquiera datos de espacio de color de sensor disponibles y multiplicadores de balance de blancos. En 704, el sistema consulta (por ejemplo, al usuario o quizás incorporado en los metadatos de imagen) si se supone un nuevo punto blanco para la presente imagen. En caso afirmativo, se calculan entonces los nuevos multiplicadores de balance de blancos. De lo contrario, se utilizan los antiguos multiplicadores de balance de blancos y los datos de imagen se transforman de nuevo al espacio de color del sensor, en 708. Para cada canal de color, los actuales multiplicadores de balance de blancos (ya sean los antiguos o los recién calculados) se aplican a los datos de imagen. Si es necesario, los valores de imagen se retienen al mínimo del máximo (es decir, minmax) de los valores de canal, en 712. En 714, los datos de imagen se transforman al espacio de color del monitor. A continuación, los datos de imagen se entregan en 716 como salida HDR RGB restablecida.
- 25 En una realización, la operación de balance de blancos de la figura 1 y las figuras 6A y/o 6B en el codificador y la operación de balance de blancos de las figuras 2 y 7 en el descodificador se pueden implementar como operaciones emparejadas, en las que la operación de balance de blancos del codificador funciona para influir en una corrección de balance de blancos apropiada del descodificador. Se debe apreciar asimismo que el procesamiento de la figura 7 incorpora tan sólo algunas de las características descritas en la presente sección, y que se pueden añadir muchas otras características y/o refinamientos.
- 30
- 35 **5. Flujo de proceso de ejemplo**
- La figura 3A muestra un flujo de proceso de ejemplo de acuerdo con una posible realización de la presente invención. En algunas posibles realizaciones, uno o varios dispositivos o componentes informáticos, tales como un codificador de imágenes HDR (por ejemplo, como el mostrado en la figura 1), pueden llevar a cabo este flujo de proceso. El codificador de imágenes HDR se puede implementar añadiendo uno o varios nuevos bloques de procesamiento a, y/o modificando uno o varios bloques de procesamiento existentes en, un codificador de imágenes basado en estándares, tal como un codificador de imágenes JPEG. En el bloque 302, el codificador de imágenes HDR recibe una imagen de alto rango dinámico (HDR). En una realización de ejemplo, la imagen HDR es una de una imagen de punto fijo o una imagen de punto flotante. En una realización de ejemplo, la imagen HDR está codificada en uno de los formatos de imagen JPEG, JPEG-2000, MPEG, AVI, TIFF, BMP, GIFF u otro.
- 40
- 45 En el bloque 304, el codificador de imágenes HDR recibe asimismo una imagen con mapeo de tonos (TM) que se ha generado en base a la imagen HDR. La imagen TM comprende una o varias alteraciones de color que no son recuperables a partir de la imagen TM con una imagen de relaciones de luminancia. En una realización de ejemplo, por lo menos una de dichas una o varias alteraciones de color en la imagen TM está provocada por uno de los recortes (por ejemplo, en valores de píxel R, G o B), o alteraciones de matices en uno o varios píxeles.
- 50 En el bloque 306, el codificador de imágenes HDR calcula valores de relaciones de luminancia, para cada píxel individual, dividiendo valores de luminancia de la imagen HDR por valores de luminancia de la imagen TM para cada píxel individual.
- En el bloque 308, el codificador de imágenes HDR aplica los valores de relaciones de luminancia a la imagen HDR para crear una imagen remapeada.
- 55 En una realización de ejemplo, el codificador de imágenes HDR convierte por lo menos una de la imagen remapeada y la imagen TM, de un espacio de color a un espacio de color diferente.

- En el bloque 310, el codificador de imágenes HDR determina valores residuales en los canales de color de un espacio de color, en base a la imagen remapeada y la imagen TM. Si el color original está alterado, por lo menos uno de los valores residuales es distinto de cero. En una realización de ejemplo, el espacio de color es un espacio de color YCbCr; los canales de color del espacio de color comprenden un canal de color Cb y un canal de color Cr.
- 5 Los valores residuales en los canales de color del espacio de color se calculan como diferencias entre primeros valores de píxel, obtenidos a partir de la imagen remapeada, en los canales de color y segundos valores de píxel, obtenidos a partir de la imagen TM, en los canales de color.
- En el bloque 312, el codificador de imágenes HDR entrega una versión de la imagen TM con datos de reconstrucción HDR. Los datos de reconstrucción HDR se obtienen a partir de los valores de relaciones de luminancia y los valores residuales de canal de color.
- 10 En una realización de ejemplo, los datos de reconstrucción HDR comprenden una imagen residual con valores cuantificados obtenidos a partir de los valores de relaciones de luminancia y los valores residuales en los canales de color del espacio de color. Los datos de reconstrucción HDR pueden comprender además parámetros que especifican rangos de los valores cuantificados.
- 15 En una realización de ejemplo, los datos de reconstrucción HDR se almacenan en un segmento de aplicación de un archivo de imagen, con la imagen TM como imagen de base en el archivo de imagen. En una realización de ejemplo, el archivo de imagen está en formato JPEG-HDR.
- En una realización de ejemplo, el codificador de imágenes HDR puede llevar a cabo una o varias comprobaciones de validez sobre la imagen HDR, por ejemplo, antes de que la imagen HDR sea manipulada por un operador de mapeo de tonos (TMO) o por un usuario. En una realización de ejemplo, el codificador de imágenes HDR sustituye cero, uno o varios valores cero del canal de color en la imagen TM con valores menores que un valor umbral. En varias posibles realizaciones, este valor umbral puede ser 1, 2, 3, ..., 10, 11, etc.
- 20 En una realización de ejemplo, cualesquiera operaciones de mapeo de tonos con cualquier TMO y/o cualesquiera alteraciones de color sobre cualquier número de píxeles en la imagen TM se pueden llevar a cabo en el proceso de generación de la imagen TM.
- 25 En una realización de ejemplo, el codificador de imágenes HDR aplica una conversión del espacio de color a, por lo menos, una de la imagen HDR, la imagen TM o la imagen remapeada.
- En una realización de ejemplo, los valores residuales de luminancia entre la imagen TM y la imagen remapeada son todos cero. Por ejemplo, en un espacio de color (por ejemplo, YUV) con un canal de luminancia (por ejemplo, Y) y dos canales de color (por ejemplo, Cb y Cr), las diferencias en los valores de luminancia entre la imagen TM y la imagen remapeada (por ejemplo, ya en el espacio de color, o alternativamente después de una conversión de espacio de color) pueden ser todas cero.
- 30 La figura 3B muestra un flujo de procesos de ejemplo de acuerdo con una posible realización de la presente invención. En algunas posibles realizaciones, uno o varios dispositivos o componentes informáticos, tal como un descodificador de imágenes HDR (por ejemplo, como el mostrado en la figura 2), pueden llevar a cabo este flujo de proceso. El descodificador de imágenes HDR se puede implementar añadiendo uno o varios nuevos bloques de procesamiento a, y/o modificando uno o varios bloques de procesamiento existentes en, un descodificador de imágenes basado en estándares, tal como un descodificador de imágenes JPEG. En el bloque 322, el descodificador de imágenes HDR analiza sintácticamente un archivo de imagen que comprende una imagen con mapeo de tonos (TM) y datos de reconstrucción HDR. En una realización de ejemplo, la imagen de base TM comprende resultados de cualesquiera operaciones de mapeo de tonos con cualquier operador de mapeo de tonos y/o cualesquiera alteraciones de color sobre cualquier número de píxeles. En una realización de ejemplo, los datos de reconstrucción HDR comprenden valores de relaciones de luminancia cuantificados (por ejemplo, canal Y) y valores residuales cuantificados en canales de color (por ejemplo, canales Cb y Cr) de un espacio de color (YUV).
- 35 La imagen de base TM comprende una o varias alteraciones de color que no son recuperables a partir de la imagen de base TM con una imagen de relaciones de luminancia. En una realización de ejemplo, el archivo de imagen está codificado en uno de los formatos JPEG, JPEG-2000, MPEG, AVI, TIFF, BMP, GIFF u otro formato de imagen. En una realización de ejemplo, el archivo de imagen es analizado sintácticamente con un descodificador de imágenes basado en estándares, por ejemplo, un descodificador JPEG.
- 40 En el bloque 324, el descodificador de imágenes HDR extrae parámetros de cuantificación relacionados con los valores de relaciones de luminancia cuantificados y los valores residuales cuantificados en los canales de color del espacio de color.
- 45 En el bloque 326, el descodificador de imágenes HDR convierte, en base por lo menos en parte a los parámetros de cuantificación, los valores de relaciones de luminancia cuantificados y los valores residuales cuantificados en valores de relaciones de luminancia y valores residuales en los canales de color del espacio de color. En una realización de ejemplo, las relaciones de luminancia cuantificadas y los valores residuales cuantificados se almacenan en una imagen residual. En una realización de ejemplo, la imagen residual y la imagen de base TM son descuantificadas y descomprimidas utilizando un procedimiento común.
- 55

En el bloque 328, el descodificador de imágenes HDR reconstruye una imagen HDR utilizando la imagen de base TM y los valores de relaciones de luminancia y los valores residuales en los canales de color del espacio de color. La imagen HDR puede ser una imagen de punto fijo o bien una imagen de punto flotante.

5 En una realización de ejemplo, el descodificador de imágenes HDR lleva a cabo una acción de conversión del espacio de color, una codificación gamma, una descodificación gamma, un submuestreo o un sobremuestreo, por ejemplo, sobre por lo menos una de la imagen de base TM, la imagen residual, la imagen HDR o una imagen intermedia.

#### 6. Mecanismos de implementación - visión general del hardware

10 De acuerdo con una realización, las técnicas descritas en la presente memoria son implementadas por uno o varios dispositivos informáticos de propósito especial. Los dispositivos informáticos de propósito especial pueden estar conectados por cable para llevar a cabo las técnicas, o pueden incluir dispositivos electrónicos digitales, tales como uno o varios circuitos integrados de aplicación específica (ASIC, application-specific integrated circuits) o matrices de puertas programables in situ (FPGA, field programmable gate arrays) que están programados persistentemente para llevar a cabo las técnicas, o pueden incluir uno o varios procesadores de hardware de propósito general programados para llevar a cabo las técnicas en virtud de instrucciones de programa en software inalterable, memoria, otro almacenamiento o una combinación. Dichos dispositivos informáticos de propósito especial pueden combinar asimismo lógica personalizada conectada por cable, ASIC o FPGA, con programación personalizada para conseguir las técnicas. Los dispositivos de propósito especial pueden ser sistemas informáticos de sobremesa, sistemas informáticos portátiles, dispositivos manuales, dispositivos de red o cualquier otro dispositivo que incorpore lógica conectada por cable y/o de programa para implementar las técnicas.

20 Por ejemplo, la figura 4 es un diagrama de bloques que muestra un sistema informático 400 con el que se puede implementar una realización de la invención. El sistema informático 400 incluye un bus 402 u otro mecanismo de comunicación para comunicar información, y un procesador de hardware 404 acoplado con el bus 402 para procesar información. El procesador de hardware 404 puede ser, por ejemplo, un microprocesador de propósito general.

25 El sistema informático 400 incluye asimismo una memoria principal 406, tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM, random access memory) u otro dispositivo de almacenamiento dinámico, acoplado al bus 402 para almacenar información e instrucciones a ejecutar por el procesador 404. La memoria principal 406 puede ser utilizada asimismo para almacenar temporalmente variables u otra información intermedia durante la ejecución de instrucciones a ejecutar por el procesador 404. Dichas instrucciones, cuando están almacenadas en medios de almacenamiento no transitorio accesibles para el procesador 404, convierten el sistema informático 400 en una máquina de propósito especial que está personalizada para llevar a cabo las operaciones especificadas en las instrucciones.

30 El sistema informático 400 incluye además una memoria de sólo lectura (ROM, read only memory) 408 u otro dispositivo de almacenamiento estático acoplado al bus 402 para almacenar información estática e instrucciones para el procesador 404. Está dispuesto un dispositivo de almacenamiento 410, tal como un disco magnético o un disco óptico, y está acoplado al bus 402 para almacenar información e instrucciones.

35 El sistema informático 400 puede estar acoplado por medio del bus 402 a una pantalla 412, tal como una pantalla de cristal líquido, para visualizar información para un usuario del ordenador. Un dispositivo de entrada 414, que incluye teclas alfanuméricas y otras, está acoplado al bus 402 para comunicar información y selecciones de comandos al procesador 404. Cualquier otro tipo de dispositivo de entrada de usuario es un control por cursor 416, tal como un ratón, una rueda de desplazamiento o botones de dirección del cursor, para comunicar información de dirección y selecciones de comandos al procesador 404 y para controlar el movimiento del cursor en la pantalla 412. Este dispositivo de entrada tiene habitualmente dos grados de libertad en dos ejes, un primer eje (por ejemplo, x) y un segundo eje (por ejemplo, y), que permiten al dispositivo especificar posiciones en un plano.

40 El sistema informático 400 puede implementar las técnicas descritas en la presente memoria utilizando lógica personalizada conectada por cable, uno o varios ASIC o FPGA, software inalterable y/o lógica de programa que, en combinación con el sistema informático, hace que el sistema informático 400 sea una máquina de propósito especial, o lo programa para ello. De acuerdo con una realización, las técnicas de la presente memoria son ejecutadas por un sistema informático 400 en respuesta a que el procesador 404 ejecute una o varias secuencias de una o varias instrucciones contenidas en la memoria principal 406. Dichas instrucciones pueden ser leídas en memoria principal 406 a partir de otro medio de almacenamiento, tal como el dispositivo de almacenamiento 410. La ejecución de las secuencias de instrucciones contenidas en la memoria principal 406 hace que el procesador 404 lleve a cabo las etapas de proceso descritas en la presente memoria. En realizaciones alternativas, se pueden utilizar circuitos conectados por cable en lugar de, o en combinación con instrucciones de software.

45 El término "medios de almacenamiento", tal como se utiliza en la presente memoria, se refiere a cualesquiera medios no transitorios que almacenan datos y/o instrucciones que hacen que una máquina funcione de una forma específica. Dichos medios de almacenamiento pueden comprender medios no volátiles y/o medios volátiles. Los medios no volátiles incluyen, por ejemplo, discos ópticos o magnéticos, tal como un dispositivo de almacenamiento 410. Los medios volátiles incluyen memoria dinámica, tal como la memoria principal 406. Las formas comunes de medios de almacenamiento incluyen, por ejemplo, un disquete, un disco flexible, un disco duro, un disco de estado

sólido, una cinta magnética o cualquier otro medio magnético de almacenamiento de datos, un CD-ROM, cualquier otro medio óptico de almacenamiento de datos, cualquier medio físico con patrones de orificios, una RAM, una PROM y EPROM, una FLASH-EPROM, NVRAM, cualquier otro cartucho o chip de memoria.

5 Los medios de almacenamiento son distintos de los medios de transmisión, pero se pueden utilizar conjuntamente con estos. Los medios de transmisión participan en la transferencia de información entre los medios de almacenamiento. Por ejemplo, los medios de transmisión incluyen cables coaxiales, hilo de cobre y fibra óptica, incluyendo los hilos que comprende el bus 402. Los medios de transmisión pueden adoptar asimismo la forma de ondas acústicas o luminosas, tales como las generadas durante comunicaciones de datos por ondas de radio e infrarrojos.

10 Varias clases de medios pueden estar involucradas para trasladar una o varias secuencias de una o varias instrucciones al procesador 404 para su ejecución. Por ejemplo, las instrucciones pueden estar contenidas inicialmente en un disco magnético o una unidad de estado sólido de un ordenador remoto. El ordenador remoto puede cargar las instrucciones en su memoria dinámica y enviar las instrucciones sobre una línea de teléfono utilizando un módem. Un módem local del sistema informático 400 puede recibir los datos en la línea de teléfono y utilizar un transmisor de infrarrojos para convertir los datos en una señal de infrarrojos. Un detector de infrarrojos puede recibir los datos transportados en la señal de infrarrojos, y un conjunto de circuitos apropiado puede poner los datos en el bus 402. El bus 402 transporta los datos a la memoria principal 406, desde la cual el procesador 404 recupera y ejecuta las instrucciones. Las instrucciones recibidas por la memoria principal 406 pueden opcionalmente almacenarse en un dispositivo de almacenamiento 410, ya sea antes o después de su ejecución por el procesador 404.

15 El sistema informático 400 incluye asimismo una interfaz de comunicación 418 acoplada al bus 402. La interfaz de comunicación 418 proporciona un acoplamiento de comunicación de datos bidireccional a un enlace de red 420 que está conectado a una red local 422. Por ejemplo, la interfaz de comunicación 418 puede ser una tarjeta de la red digital de servicios integrados (ISDN, integrated services digital network), un módem por cable, un módem por satélite o un módem para proporcionar una conexión de comunicación de datos con un tipo correspondiente de línea telefónica. Como otro ejemplo, la interfaz de comunicación 418 puede ser una tarjeta de red de área local (LAN, local area network) para proporcionar una conexión de comunicación de datos con una LAN compatible. Se pueden implementar asimismo enlaces inalámbricos. En una implementación de este tipo, la interfaz de comunicación 418 envía y recibe señales eléctricas, electromagnéticas u ópticas que transportan flujos de datos digitales que representan varios tipos de información.

20 Un enlace de red 420 proporciona habitualmente comunicación de datos a través de una o varias redes hasta otros dispositivos de datos. Por ejemplo, el enlace de red 420 puede proporcionar una conexión a través de una red local 422 hasta un ordenador anfitrión 424 o hasta equipamiento de datos manejado por un proveedor de servicios de internet (ISP, Internet Service Provider) 426. El ISP 426 proporciona a su vez servicios de comunicación de datos a través de la red mundial de comunicación de datos de paquetes, actualmente denominada normalmente "internet" 428. La red local 422 e internet 428 utilizan tanto señales eléctricas como electromagnéticas u ópticas, que transportan flujos de datos digitales. Las señales a través de las diversas redes y las señales en el enlace de red 420 y a través de la interfaz de comunicación 418, que transportan los datos digitales hacia y desde el sistema informático 400, son formas de ejemplo de medios de transmisión.

35 El sistema informático 400 puede enviar mensajes y recibir datos, incluyendo código de programa, a través de la red o redes, del enlace de red 420 y de la interfaz de comunicación 418. En el ejemplo de internet, un servidor 430 puede transmitir un código solicitado para un programa de aplicación a través de internet 428, del ISP 426, de la red local 422 y de la interfaz de comunicación 418.

40 El código recibido puede ser ejecutado por el procesador 404 a medida que se recibe, y/o almacenado en el dispositivo de almacenamiento 410 u otro almacenamiento no volátil, para su ejecución posterior.

#### 7. Equivalentes, extensiones, alternativas y miscelánea

45 En la descripción precedente se han descrito posibles realizaciones de la invención haciendo referencia a numerosos detalles específicos que pueden variar de una implementación a otra. Por lo tanto, el único y exclusivo indicador de lo que es la invención, y de lo que los solicitantes pretenden que sea la invención, es el conjunto de reivindicaciones que surgen de esta solicitud, en la forma específica en que surgen dichas reivindicaciones, incluyendo cualquier subsiguiente corrección. Cualesquiera definiciones expuestas expresamente en la presente memoria sobre términos contenidos en dichas reivindicaciones serán de aplicación sobre el significado de dichos términos que se utilizan en las reivindicaciones. Por lo tanto, ninguna limitación, elemento, propiedad, característica, ventaja o atributo que no esté enunciado expresamente en una reivindicación deberá limitar en modo alguno el alcance de dicha reivindicación. En consecuencia, la descripción y los dibujos se deben considerar en sentido ilustrativo y no restrictivo.

55 Con fines ilustrativos, se ha descrito que en algunas posibles realizaciones, los datos de reconstrucción HDR comprenden relaciones de luminancia cuantificadas y valores residuales Cb y Cr cuantificados. En algunas posibles realizaciones, los datos de reconstrucción HDR pueden comprender relaciones de luminancia no cuantificadas y/o

valores residuales Cb y Cr que pueden ser, por ejemplo, valores de punto flotante o de punto fijo. Por ejemplo, uno o varios segmentos de aplicación en un archivo de imagen pueden almacenar estos valores no cuantificados. Un decodificador de imágenes HDR con las técnicas de la presente memoria puede analizar sintácticamente el archivo de imagen y recuperar los valores no cuantificados. Estos valores no cuantificados pueden ser utilizados para combinarse con una imagen de base con mapeo de tonos extraída del archivo de imagen con el fin de reconstruir una imagen HDR.

Con fines ilustrativos se ha descrito que en algunas posibles realizaciones un posible preprocesamiento puede incluir submuestreo. En algunas posibles realizaciones, el preprocesamiento de la presente memoria puede no llevar a cabo submuestreo con el objetivo de mantener detalles de imagen y/o precisiones de color de imágenes HDR que están siendo procesadas por las técnicas de la presente memoria. Por ejemplo, la codificación de imágenes de una imagen residual HUV puede ser llevada a cabo por un codificador de imágenes JPEG con un modo que evita el submuestreo.

Con fines ilustrativos se ha descrito que en algunas posibles realizaciones se puede utilizar un formato de archivo de imagen JPEG y/o un códec JPEG en un codificador y/o decodificador de imágenes HDR. Para el objetivo de la presente invención, se puede utilizar un códec de imágenes que no sea un códec JPEG en un codificador y/o decodificador de imágenes HDR.

Con fines ilustrativos se ha descrito que en algunas posibles realizaciones, una imagen HDR de entrada y una imagen de base con mapeo de tonos son imágenes RGB. Para el objetivo de la presente invención, se pueden utilizar otros tipos de imágenes para almacenar una imagen HDR y una imagen basada en mapeo de tonos de la presente memoria. Por ejemplo, se puede utilizar una imagen HDR de entrada en un espacio de color YUV en lugar de en un espacio de color RGB. Con las técnicas descritas en la presente memoria se pueden implementar cero, una o varias conversiones de espacio de color en el proceso de codificación o decodificación de una imagen HDR.

Con fines ilustrativos se ha descrito que en algunas posibles realizaciones se puede utilizar un archivo HUV (o YUV) en un espacio de color YCbCr para almacenar relaciones de luminancia y valores residuales que no sean relaciones de luminancia. Para el objetivo de la presente invención, se pueden utilizar otros tipos de espacios de color y otros tipos de archivos de imagen para almacenar información equivalente a las relaciones de luminancia y los valores residuales. Por ejemplo, las relaciones de luminancia y los valores residuales se pueden convertir a un espacio de color diferente, que no sea el espacio de color YCbCr. Análogamente, se puede utilizar un archivo de imagen diferente a un archivo YUV, para almacenar valores convertidos a partir de las relaciones de luminancia y los valores residuales. En algunas posibles realizaciones, se pueden utilizar transformaciones reversibles para llevar a cabo una conversión de espacio de color o conversiones de valor de píxel con las técnicas descritas en la presente memoria.

En algunas posibles realizaciones, un archivo de imagen que comprende una imagen de base con mapeo de tonos con relación de luminancia y valores residuales Cb y Cr tiene un tamaño de archivo similar al de otro archivo de imagen que comprende una imagen de base con mapeo de tonos con relación de luminancia pero sin valores residuales Cb y Cr. En una realización particular, las imágenes con los valores residuales Cb y Cr son en promedio solamente un 10 % mayores que las imágenes equivalentes sin valores residuales Cb y Cr.

Solamente con fines ilustrativos, una imagen con mapeo de tonos está generada por un TMO. Para el objetivo de la presente invención, se puede utilizar conjuntamente más de un TMO para generar una imagen con mapeo de tonos como la descrita en la presente memoria.

Se ha proporcionado una descripción detallada de una o varias realizaciones de la invención, leída junto con los dibujos adjuntos, que muestra los principios de la invención. Se debe apreciar que la invención se describe en relación con dichas realizaciones, pero la invención no está limitada a ninguna realización. El alcance de la invención está limitado solamente por las reivindicaciones, y la invención abarca numerosas alternativas, modificaciones y equivalentes. Se han expuesto numerosos detalles específicos en esta descripción con el fin de proporcionar una comprensión exhaustiva de la invención. Estos detalles se proporcionan a modo de ejemplo, y la invención se puede practicar de acuerdo con las realizaciones, sin parte o la totalidad de estos detalles específicos. Para mayor claridad, el material técnico que es conocido en los sectores técnicos relacionados con la invención no se ha descrito en detalle para no oscurecer innecesariamente la invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento, que comprende:  
recibir (102) una imagen de alto rango dinámico (HDR);  
generar una imagen con mapeo de tonos (TM) (108) en base a la imagen HDR;
- 5 generar una imagen de relaciones de luminancia, comprendiendo la imagen de relaciones de luminancia valores de relaciones de luminancia generados dividiendo (116), para cada píxel individual, valores de luminancia de la imagen HDR por valores de luminancia de la imagen TM;
- caracterizado por
- 10 dividir (118) la imagen HDR por los valores de relaciones de luminancia, creando de ese modo una imagen remapeada;
- determinar (132) valores de cromaticidad residuales en base a la imagen remapeada y la imagen TM;
- generar (136) una imagen de relaciones logarítmicas en base a la imagen de relaciones de luminancia; y
- generar una imagen HDR codificada, comprendiendo la imagen HDR codificada la imagen TM y los datos de reconstrucción HDR, obteniéndose los datos de reconstrucción HDR a partir de la imagen de relaciones logarítmicas y de los valores de cromaticidad residuales.
- 15 2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que generar los datos de reconstrucción HDR comprende además cuantificar la imagen de relaciones logarítmicas con un primer cuantificador para generar valores de imagen de relaciones logarítmicas cuantificadas.
3. El procedimiento según la reivindicación 2, en el que generar los datos de reconstrucción HDR comprende además cuantificar los valores de cromaticidad residuales con un segundo cuantificador para generar valores de cromaticidad residuales cuantificados.
- 20 4. El procedimiento según la reivindicación 3, en el que los datos de reconstrucción HDR comprenden una imagen residual con valores de imagen obtenidos a partir de los valores de imagen de relaciones logarítmicas cuantificadas y de los valores de cromaticidad residuales cuantificados.
- 25 5. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además aplicar una conversión del espacio de color a por lo menos una de la imagen HDR, la imagen TM o la imagen remapeada.
6. Un procedimiento, que comprende:  
analizar sintácticamente (204) un archivo de imagen que comprende una imagen de base con mapeo de tonos (TM) (206) y datos de reconstrucción de alto rango dinámico (HDR) (210; 212),
- 30 caracterizado por que
- los datos de reconstrucción HDR comprenden valores de relaciones de luminancia logarítmicas cuantificadas (210) y valores de cromaticidad residuales cuantificados (212);
- y caracterizado por que el procedimiento comprende:
- 35 extraer parámetros de cuantificación relativos a los valores de relaciones de luminancia logarítmicas cuantificadas y los valores de cromaticidad residuales cuantificados;
- convertir (214; 218; 216), en base por lo menos en parte a los parámetros de cuantificación, los valores de relaciones de luminancia logarítmicas cuantificadas y los valores de cromaticidad residuales cuantificados en valores de relaciones de luminancia convertidos y valores de cromaticidad residuales convertidos; y
- 40 reconstruir una imagen HDR (230) utilizando, para cada píxel individual, la imagen de base TM, los valores de relaciones de luminancia convertidos y los valores de cromaticidad residuales, donde dicha reconstrucción comprende:
- multiplicar la imagen de base TM por los valores de relaciones de luminancia convertidos, obteniendo de ese modo una imagen HDR intermedia;
- 45 multiplicar los valores de cromaticidad residuales por los valores de relaciones de luminancia convertidos, obteniendo de ese modo una imagen residual; y
- sumar la imagen HDR intermedia y la imagen residual, obteniendo de ese modo la imagen HDR reconstruida.



7. El procedimiento según la reivindicación 6, en el que convertir los valores de relaciones de luminancia logarítmicas cuantificadas en valores de relaciones de luminancia comprende además:

descuantificar (214) los valores de relaciones de luminancia logarítmicas para generar valores de relaciones de luminancia logarítmicas descuantificadas; y

5 aplicar una función exponencial (216) a los valores de relaciones de luminancia logarítmicas descuantificadas para generar los valores de relaciones de luminancia.

8. Un programa de software que comprende instrucciones, que cuando son ejecutadas por uno o varios procesadores provocan la ejecución del procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

10 9. Un aparato que comprende un procesador y está configurado para llevar a cabo el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

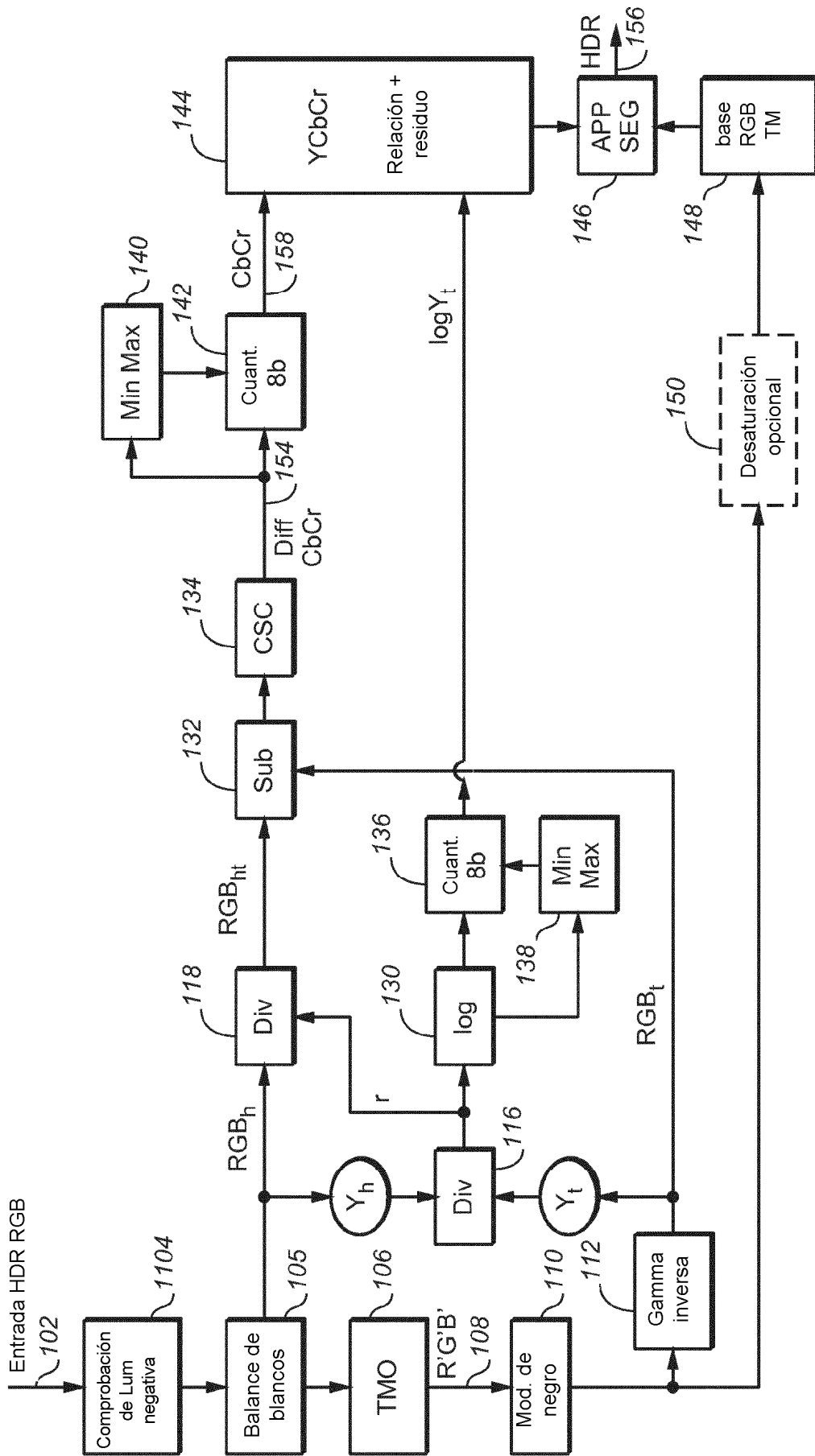
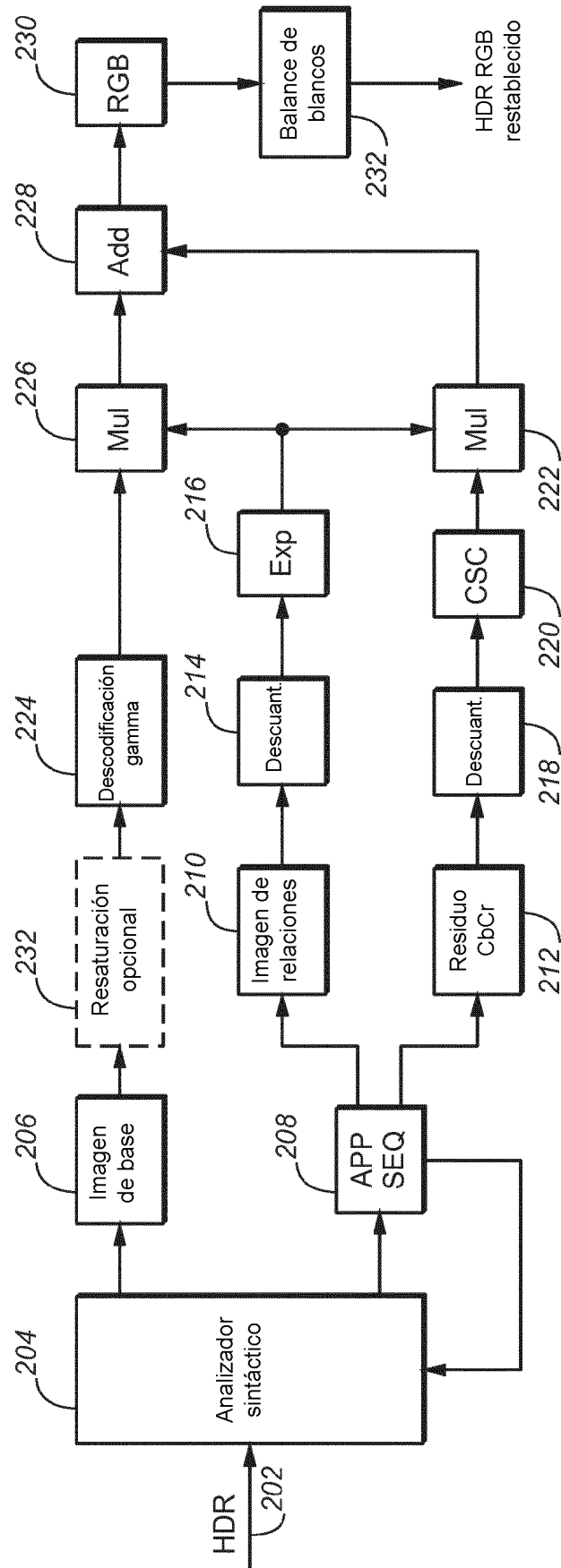
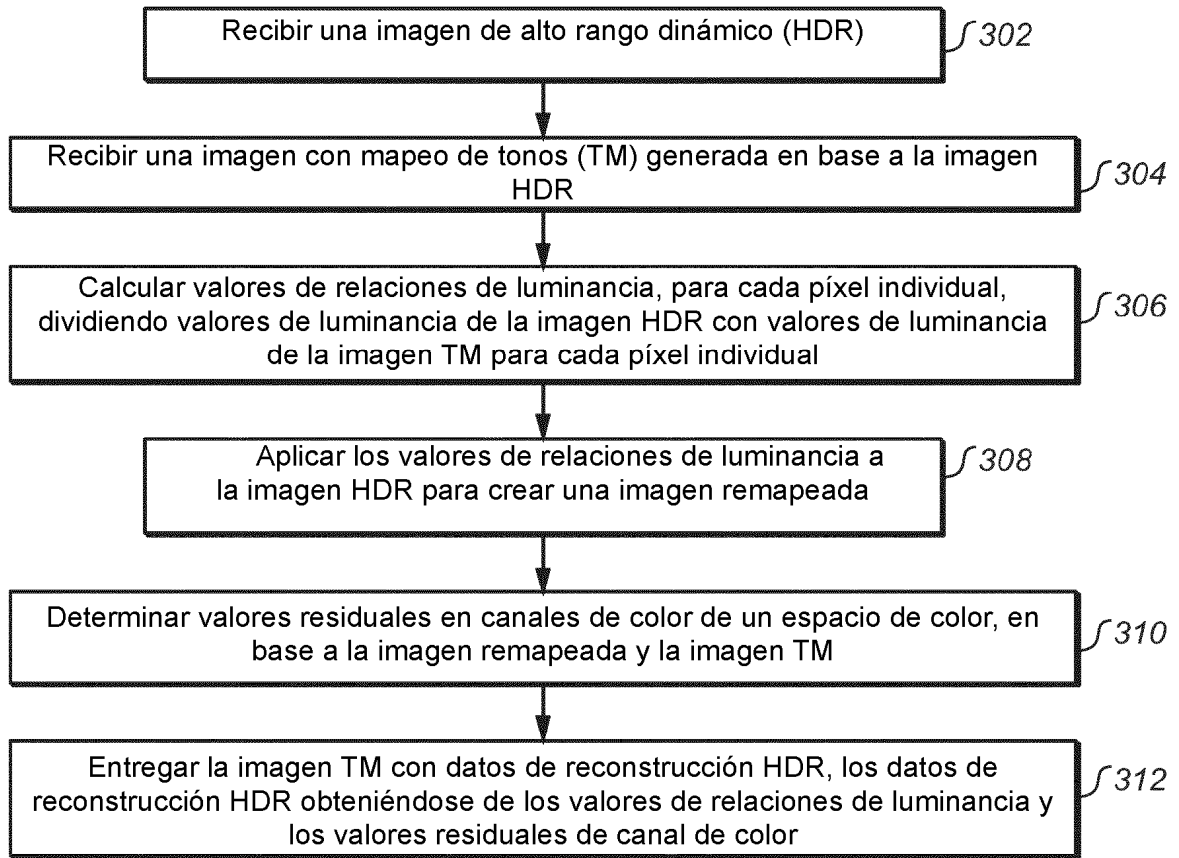


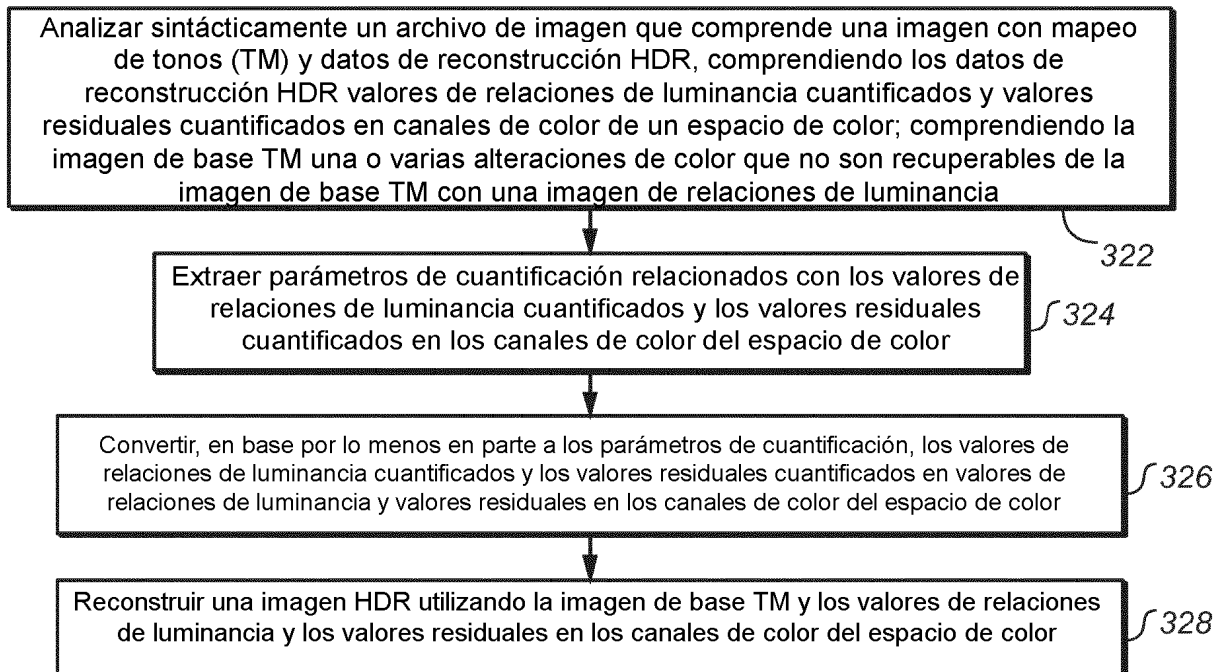
FIG. 1



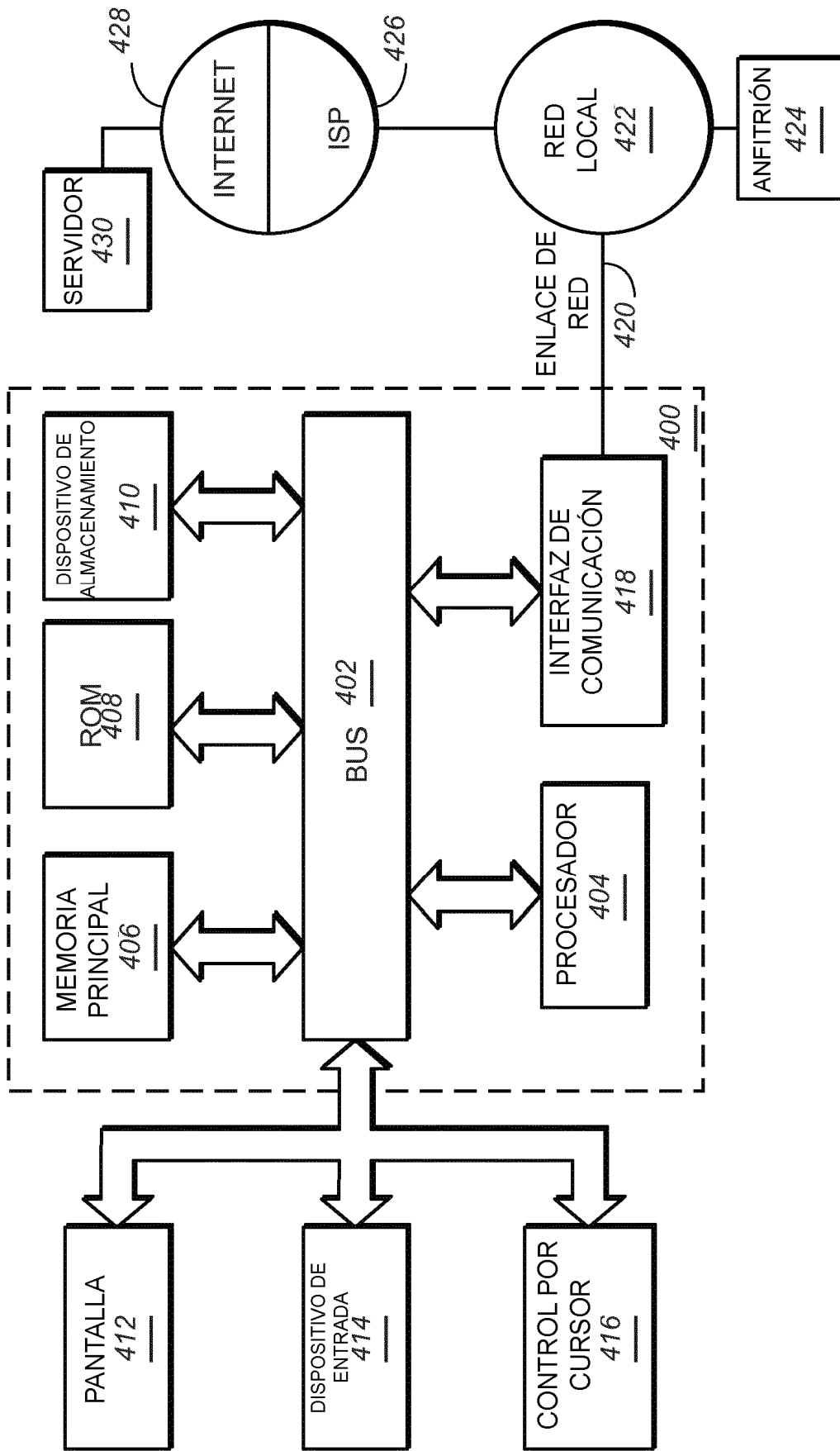
**FIG. 2**



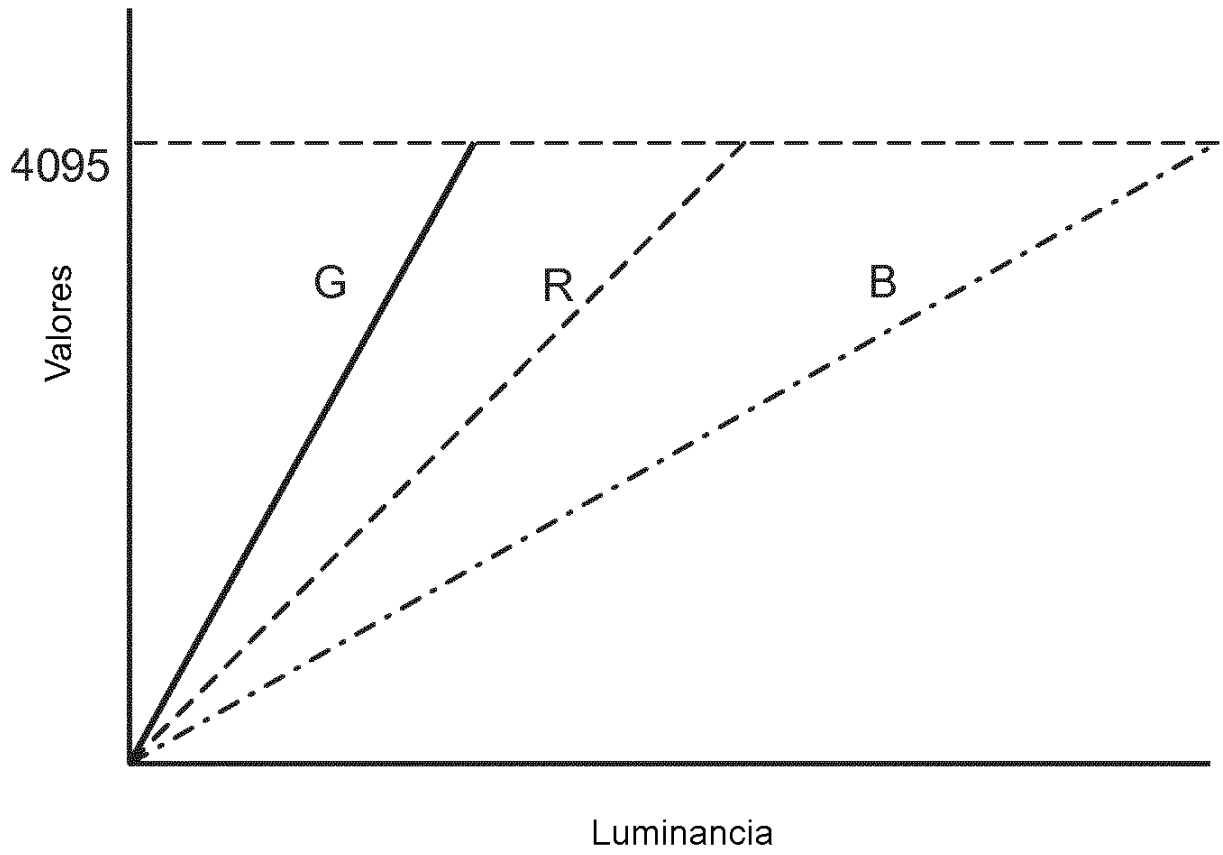
**FIG. 3A**



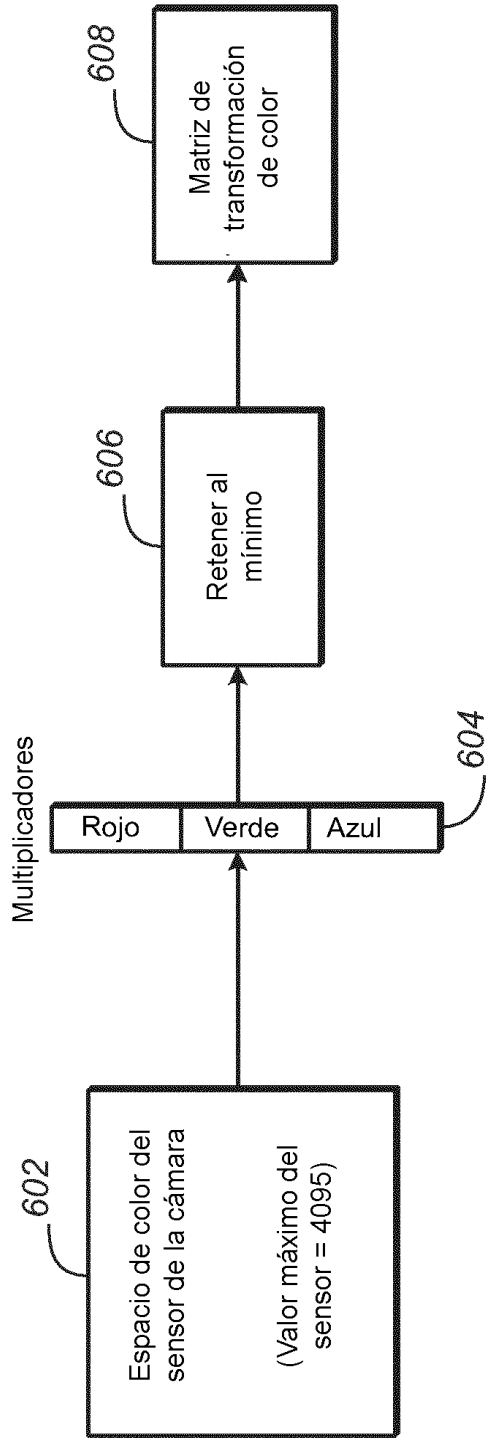
**FIG. 3B**



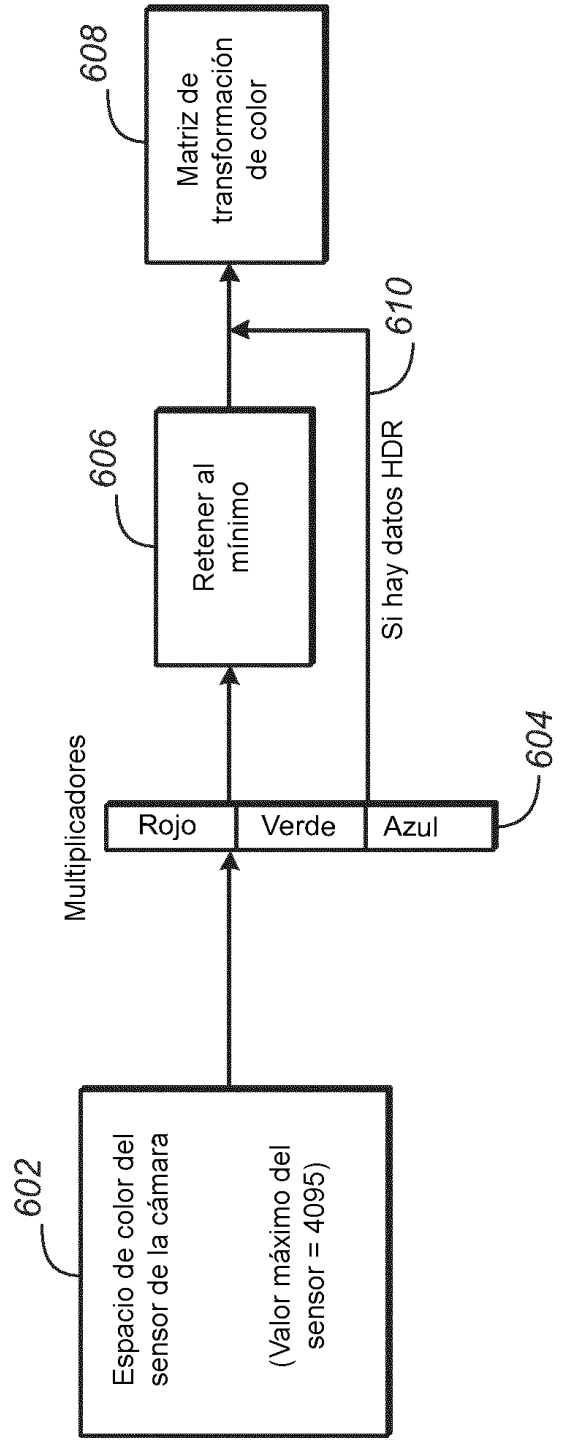
**FIG. 4**



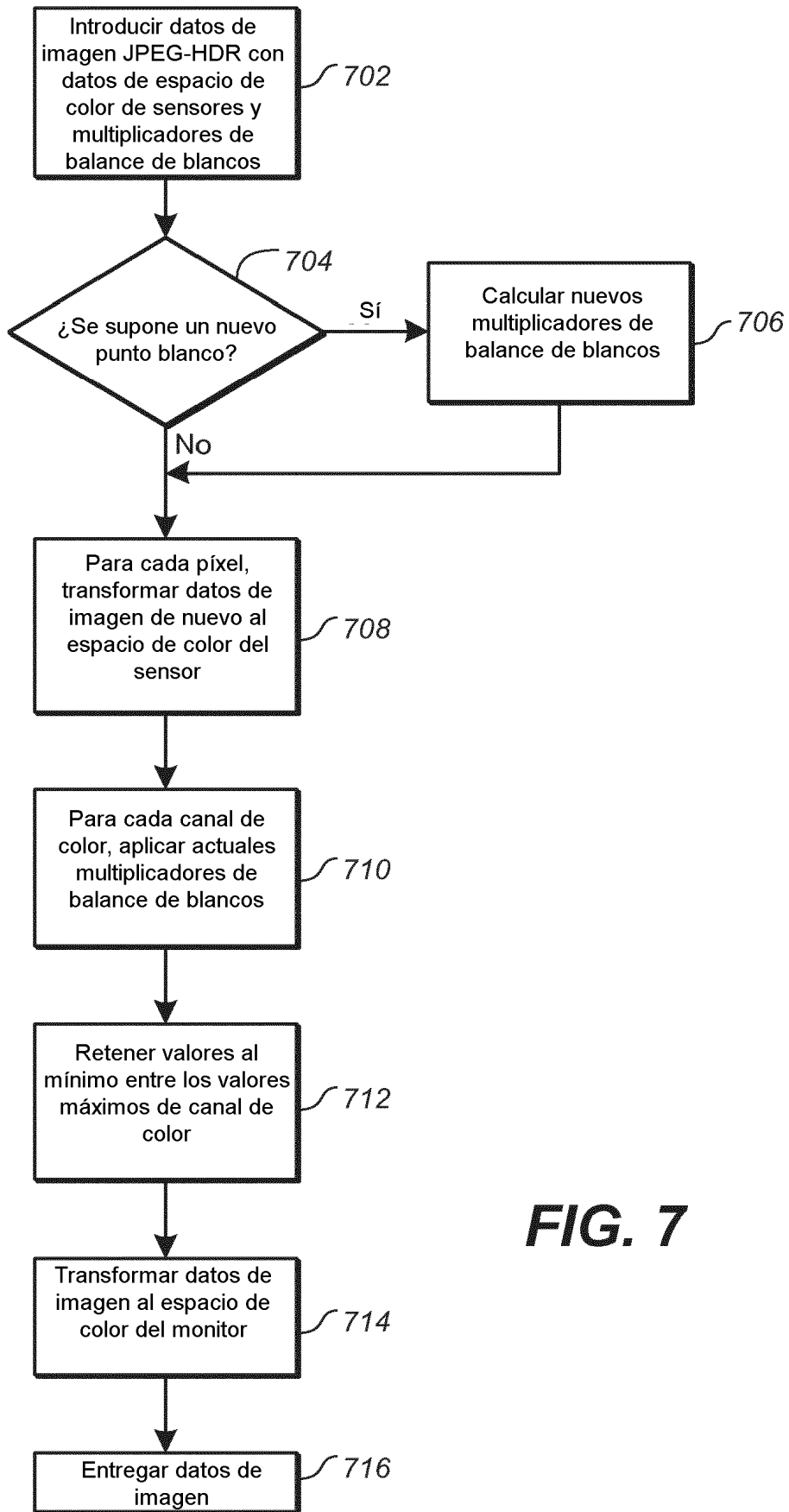
**FIG. 5**



**FIG. 6A**



**FIG. 6B**



**FIG. 7**